



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 计算机科学技术导论

## (第二版)

葛建梅 张玲玲 等编著  
田永清 主 审



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 计算机科学技术导论

## （第二版）

葛建梅 张玲玲 等编著

田永清 主 审



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



## 内 容 提 要

本书是一本学习计算机专业知识的入门教材，系统地介绍了计算机科学技术的基础知识、基本概念、基本原理、计算机科学技术的总体结构及学科方向和适应领域。全书共分10章，内容涵盖了计算机科学技术专业主干课程的核心知识，主要内容包括：计算机科学技术的基础知识、计算机硬件系统、软件系统、计算机网络与通信、数据库系统与信息系统、多媒体技术、计算机安全技术、计算机科学技术的研究范畴及其在各领域中的应用、计算机科学技术学科适应领域与择业、计算机常用软件介绍。通过学习，读者不仅可以掌握计算机最基本的知识点，了解学习计算机专业应该掌握的知识体系和学习方法，更重要的是可以从总体上把握各门专业课和专业基础课的内在联系，这将有助于学生进一步明确学习目标，激发学习兴趣，为进一步更好地深入学习专业知识，提高综合素质和能力奠定良好的基础。为了提高和巩固学习效果，每章后提供了相应的思考题与习题。

本书内容丰富，注重知识的先进性，体系合理，叙述脉络清楚，通俗易懂，可作为高等学校计算机专业及相关专业的计算机导论课程教材或参考书，也可作为计算机爱好者的入门参考书。

本书电子教案可以从中国水利水电出版社网站免费下载，网址为：  
<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

## 图书在版编目（CIP）数据

计算机科学技术导论 / 葛建梅等编著. —2版. —北京：  
中国水利水电出版社，2008  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-5084-5655-3

I. 计… II. 葛… III. 电子计算机—高等学校—教材  
IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 085528 号

书 名	计算机科学技术导论（第二版）
作 者	葛建梅 张玲玲 等编著 田永清 主 审
出版 发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路6号 100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net（万水） sales@waterpub.com.cn 电话：（010）63202266（总机）、68331835（营销中心）、82562819（万水） 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
经 售	
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 17.75印张 429千字
版 次	2004年7月第1版 2008年6月第2版 2008年6月第4次印刷
印 数	12001—16000册
定 价	29.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究



## 第二版前言

“计算机科学技术导论”是计算机科学与技术专业完整知识体系的绪论，是学习该专业知识的引导性课程，它担负着系统、全面地介绍计算机科学技术的基础知识、计算机科学的全貌，引导学生进入计算机科学技术大门、培养学生专业思想和兴趣、提高学生综合素质和创新能力的重任。作为引导性课程，其作用在于让学生了解计算机科学与技术专业知识能解决什么问题？作为该专业的学生应该学什么？如何学？应该具备哪些素质和能力？

由于刚进入大学校门的一年级学生对计算机的了解和熟悉程度参差不齐，这就给课堂教学带来了一定难度，既要保证大多数学生能掌握基本知识，又要保证有一定基础的学生能有进一步的提高。笔者认为计算机科学技术导论的教学目标应是：让学生较为全面地了解计算机科学的知识体系，掌握计算机科学技术的基本知识，清晰地把握计算机学科的研究范畴、研究方向，掌握各门专业课程之间的内在联系及主干课程在整个学科体系中所处的地位，搞清课程的学习目的、学习内容和应用领域，使学生在学科学习初期就对整个学科有一个整体的认识，做到在今后的学习中清楚要学什么，怎么学，为后续课程的学习打下坚实的基础。又由于计算机科学技术的发展极为迅速，为使本教材的内容能及时地紧跟时代潮流，所以我们编写了《计算机科学技术导论（第二版）》。

本书力求内容新颖，以通俗易懂、深入浅出的方式阐述计算机专业专业知识，全书共分为10章，从计算机科学技术的基础知识入手，介绍了计算机的基本概念、数制、码制、计算机的基本结构和工作原理、程序设计的基础以及算法和数据结构基本知识、计算机硬件的组成、操作系统、软件工程和软件开发过程、计算机网络与通信、数据库技术、多媒体技术、计算机安全技术等内容。全书涉及了计算机科学与技术专业主干课程的核心内容，使学生通过学习能对计算机科学与技术专业有整体的认识，并能掌握各门专业课程的内在联系，明确进一步学习的目标，为后续专业课程的学习做好充分的准备。

对于教师：本书定位于对计算机科学与技术专业知识做一个绪论性的介绍，主要目的在于让学生对计算机基础知识、知识体系及研究方法有一个总体性认识与了解，激发学生主动学习知识的积极性，教师讲解时应以提高学生学习兴趣为主，总体了解相关知识与技术，适当掌握重点内容。

对于学生：该书内容知识覆盖面较广，因篇幅限制，对每一部分内容的介绍相对简略，学生可以根据自己的兴趣爱好，借助图书馆、Internet找一些相关文献资料适当补充学习，争取做到在对本专业有整个基本了解的基础上，在某些方面有较为深入的学习与掌握。

本书由葛建梅、张玲玲等编著。葛建梅编写了第1章、第2章、第3章（3.1~3.3节）、第5章和8.1节内容，并负责全书的组织策划、制定编写大纲和统稿定稿工作；张玲玲编写了3.4节、第6章、第8章、第9章和第10章；刘艳编写了第4章；王成喜编写了第7章。全书由田永清主审，曹哲对本书的编写提供了宝贵的建议，北华大学创新实验室的鲁静轩为本书提供了相关的技术资料，计算机科学技术学院的张淑英、高月、尹健慧还有张弘、高锁林等对本书的编辑工作提供了很大帮助，在此表示诚挚的感谢。



另外，本书的编写参考了大量的书籍，并从 Internet 上参考了部分有价值的资料。为此，我们向有关的作者、编者、译者和网站表示感谢。

由于作者水平有限，加之本教材的覆盖面广，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2008 年 4 月



# 第一版前言

近年来,各高校对计算机科学与技术专业的教学大纲的看法逐步趋于一致,尤其是对开设计算机科学技术导论或相似课程重要性的理解基本相同,计算机科学技术导论课程已成为“面向 21 世纪”计算机科学与技术系列课程中重要的专业基础课,它担负着系统、全面地介绍计算机科学技术的基础知识、计算机科学的全貌,引导学生进入计算机科学技术大门、培养学生专业思想和兴趣、提高学生综合素质和创新能力的重任。作为引导性课程,它面向的对象是刚迈入大学校门的一年级学生,其教学内容的组织、教学方法、内容深浅的把握等问题均值得细致地探讨。目前,国内的计算机科学技术导论教材在这些方面体现了仁者见仁,智者见智,各有其特点,但仍不能完全满足各种层次、各种形式的教学需要。

由于刚进入大学校门的一年级学生对计算机的了解和熟悉程度参差不齐,这就给课堂教学带来了一定难度,既要保证大多数学生能掌握基本知识,又要保证有一定基础的学生能有进一步的提高。笔者认为计算机科学技术导论的教学目标应是:让学生较为全面地了解计算机科学的知识体系,掌握计算机科学技术的基本知识,清晰地把握计算机学科的研究范畴、研究方向,掌握各门专业课程之间的内在联系及主干课程在整个学科体系中所处的地位,搞清课程的学习目的、学习内容和应用领域,使学生在学科学习初期就对整个学科有一个整体的认识,做到在今后的学习中清楚要学什么,怎么学,为后续课程的学习打下坚实的基础。所以,我们本着实现上述目标的宗旨编写了本教材。

本书力求内容新颖,以通俗易懂、深入浅出的方式阐述计算机专业基础知识,全书共分为 10 章,从计算机科学技术的基础知识入手,介绍了计算机的基本概念、数制、码制、计算机的基本结构和工作原理、程序设计的基础以及算法和数据结构基本知识、计算机硬件的组成、操作系统、软件工程和软件开发过程、计算机网络与通信、数据库技术、多媒体技术、计算机安全技术等内容。全书涉及了计算机科学与技术专业主干课程的核心内容,使学生通过学习能对计算机科学与技术专业有整体的认识,并能掌握各门专业课程的内在此联系,明确进一步学习的目标,为后续专业课程的学习做好充分的准备。

本书由葛建梅担任主编、统稿工作,并承担了第 1 章、第 3 章、第 5 章内容的编写和第 8 章部分内容的编写;刘艳担任副主编,编写了第 2 章、第 4 章、第 6 章和第 10 章;张玲玲编写了第 8 章和第 9 章;王成喜编写了第 7 章。全书由田永清主审,曹哲对本书的编写提供了宝贵的建议并制定了编写大纲,北华大学创新实验室的鲁静轩为本书提供了相关的技术资料,计算机科学技术学院的胡晓宏、李建华、尹健慧等同志对本书的编辑工作提供了很大帮助,在此表示诚挚的感谢。

由于作者水平有限,加之本教材的覆盖面广,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2004 年 5 月



目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 计算机科学技术的基础知识 ..... 1

    本章学习目标 ..... 1

    1.1 计算机概述 ..... 1

        1.1.1 计算机的基本概念 ..... 1

        1.1.2 计算机系统的组成 ..... 2

        1.1.3 计算机的发展 ..... 3

        1.1.4 计算机的分类 ..... 5

        1.1.5 计算机的特点 ..... 7

        1.1.6 计算机的用途 ..... 8

    1.2 计算机科学与技术专业知识体系和专业方向 ..... 10

        1.2.1 素质培养和知识体系 ..... 10

        1.2.2 专业方向 ..... 11

    1.3 计算机的运算基础 ..... 12

        1.3.1 数制 ..... 12

        1.3.2 码制 ..... 20

        1.3.3 定点数和浮点数 ..... 23

        1.3.4 信息编码 ..... 25

    1.4 逻辑代数与逻辑电路基础 ..... 29

        1.4.1 逻辑代数 ..... 29

        1.4.2 逻辑电路和逻辑设计基础 ..... 31

    1.5 计算机的基本结构和工作原理 ..... 35

        1.5.1 计算机硬件的基本结构 ..... 35

        1.5.2 计算机的工作原理 ..... 38

    1.6 程序设计基础 ..... 40

        1.6.1 程序设计的概念 ..... 40

        1.6.2 程序设计语言 ..... 42

        1.6.3 算法与数据结构 ..... 44

    思考题与习题 ..... 52

第 2 章 计算机硬件系统 ..... 54

    本章学习目标 ..... 54

    2.1 计算机硬件系统的组成 ..... 54

        2.1.1 冯·诺依曼体系结构计算机的特点 ..... 54



2.1.2	微型计算机的硬件结构.....	55
2.2	微型计算机的“主机” .....	56
2.2.1	系统主板.....	56
2.2.2	微处理器.....	59
2.2.3	内存储器.....	61
2.3	输入输出系统及设备 .....	62
2.3.1	扩展槽和适配卡.....	62
2.3.2	系统总线.....	65
2.3.3	端口和连接电缆.....	66
2.3.4	输入设备.....	67
2.3.5	输出设备.....	69
2.3.6	辅助存储设备.....	71
	思考题与习题 .....	74
<b>第 3 章</b>	<b>计算机软件系统 .....</b>	<b>75</b>
	本章学习目标 .....	75
3.1	计算机软件的层次结构.....	75
3.2	操作系统 .....	76
3.2.1	操作系统的概念.....	76
3.2.2	操作系统的形成与发展.....	78
3.2.3	操作系统的功能.....	82
3.2.4	操作系统实例简介.....	83
3.3	程序设计语言翻译系统.....	88
3.4	软件开发与软件工程 .....	90
3.4.1	软件与软件危机.....	90
3.4.2	软件工程.....	91
3.4.3	软件生存周期与软件开发过程.....	92
3.4.4	面向对象方法.....	94
	思考题与习题 .....	101
<b>第 4 章</b>	<b>计算机网络与通信.....</b>	<b>102</b>
	本章学习目标 .....	102
4.1	计算机网络 .....	102
4.1.1	计算机网络的定义.....	102
4.1.2	计算机网络的发展史.....	102
4.1.3	计算机网络的构成.....	103
4.1.4	计算机网络的分类和拓扑结构.....	103
4.1.5	计算机网络协议.....	104
4.1.6	OSI 参考模型 .....	104
4.1.7	计算机网络的功能.....	105
4.2	数据通信 .....	106



4.2.1	数据通信的基本概念.....	106
4.2.2	数据传输方式.....	107
4.2.3	异步传输和同步传输.....	108
4.2.4	数据传输中的检错与纠错.....	109
4.3	因特网 .....	110
4.3.1	因特网的历史演变.....	110
4.3.2	因特网的构成.....	111
4.3.3	TCP/IP 参考模型.....	113
4.3.4	TCP/IP 应用举例.....	114
4.3.5	IP 地址与域名 .....	115
4.3.6	Internet 的连接方式 .....	117
4.3.7	Internet 的服务功能 .....	117
4.4	WWW 和浏览器 .....	120
4.4.1	WWW 的由来和特点 .....	120
4.4.2	统一资源定位符 URL.....	120
4.4.3	超文本传输协议和超文本标记语言.....	121
4.4.4	主页的基本概念.....	123
4.4.5	WWW 浏览器 .....	123
4.4.6	搜索引擎.....	127
4.5	个人网站的创建和网页的制作.....	128
4.5.1	网页及网站规划设计.....	128
4.5.2	网页的主要内容和网页的优化.....	129
4.5.3	网页设计制作工具.....	129
4.5.4	HTML 的扩展 .....	131
4.5.5	网页的发布.....	132
4.5.6	网页登记.....	132
	思考题与习题 .....	132
第 5 章	数据库系统与信息系统 .....	134
	本章学习目标 .....	134
5.1	数据库系统概述 .....	134
5.1.1	数据库技术的产生与发展.....	134
5.1.2	数据库系统的基本概念.....	135
5.1.3	数据模型.....	137
5.1.4	数据库系统的结构.....	139
5.1.5	数据库的研究内容.....	140
5.2	典型数据库系统简介——Access 2003 .....	142
5.2.1	Access 2003 的基本操作 .....	142
5.2.2	Access 2003 的数据库对象 .....	145
5.2.3	数据库的设计与创建.....	147



5.2.4	表的创建与使用.....	149
5.2.5	查询.....	153
5.2.6	窗体.....	153
5.2.7	报表.....	155
5.3	信息系统的基本概念 .....	158
5.3.1	信息及其属性.....	158
5.3.2	信息系统.....	159
5.4	常用信息系统简介 .....	160
5.4.1	事物处理系统.....	160
5.4.2	管理信息系统.....	160
5.4.3	决策支持系统.....	161
5.4.4	办公自动化系统.....	162
5.4.5	专家系统.....	162
5.5	数据库系统与技术的展望.....	163
5.5.1	新一代数据库系统.....	163
5.5.2	数据库新技术.....	164
	思考题与习题 .....	165
<b>第 6 章</b>	<b>多媒体技术 .....</b>	<b>167</b>
	本章学习目标 .....	167
6.1	多媒体的概念 .....	167
6.1.1	什么叫媒体.....	168
6.1.2	多媒体的基本概念.....	168
6.1.3	多媒体计算机系统的层次结构.....	169
6.1.4	多媒体计算机系统的基本组成.....	170
6.2	多媒体制作工具 .....	172
6.2.1	多媒体制作工具的功能与特性.....	172
6.2.2	多媒体创作工具的类型.....	173
6.2.3	多媒体的同步.....	174
6.3	音频技术 .....	175
6.3.1	数字音频.....	175
6.3.2	声音文件的存储格式.....	177
6.3.3	声音工具.....	177
6.3.4	语音识别.....	179
6.4	数字视频技术 .....	179
6.4.1	数字视频的优点.....	179
6.4.2	视频信息的获取.....	180
6.4.3	数字视频技术.....	180
6.4.4	视频文件格式.....	180
6.5	数字图像技术 .....	181



6.5.1	基础知识.....	181
6.5.2	图像处理工具 Photoshop.....	183
6.6	动画处理技术 .....	186
6.6.1	基础知识.....	187
6.6.2	动画处理软件 Flash.....	187
6.7	多媒体数据压缩技术 .....	190
6.7.1	多媒体压缩的必要性和可行性.....	190
6.7.2	数据压缩方法.....	191
	思考题与习题 .....	191
第 7 章	计算机安全技术 .....	192
	本章学习目标 .....	192
7.1	计算机系统安全的概念.....	192
7.2	信息加密技术 .....	193
7.2.1	密码的目的和用途.....	193
7.2.2	基本术语.....	194
7.2.3	加密方法.....	195
7.2.4	加密标准的必要性.....	196
7.2.5	密码分析学.....	197
7.3	防御技术 .....	198
7.3.1	防火墙的概念.....	198
7.3.2	防火墙技术.....	199
7.3.3	防火墙的结构.....	199
7.4	虚拟专用网 .....	200
7.4.1	虚拟专用网的定义.....	200
7.4.2	虚拟专用网的作用.....	201
7.5	计算机病毒 .....	202
7.5.1	计算机病毒的定义.....	202
7.5.2	计算机病毒的产生.....	204
7.5.3	计算机病毒的来源渠道.....	204
7.5.4	计算机病毒的分类.....	205
7.5.5	计算机病毒的预防.....	206
7.5.6	计算机病毒的清除.....	206
7.6	计算机职业道德与计算机犯罪.....	207
7.6.1	计算机职业道德.....	207
7.6.2	计算机犯罪.....	207
	思考题与习题 .....	208
第 8 章	计算机科学技术的研究范畴及其在各领域中的应用.....	209
	本章学习目标 .....	209
8.1	计算机科学技术的研究范畴.....	209



8.2	计算机在科学研究中的应用.....	211
8.2.1	计算机仿真技术.....	211
8.2.2	虚拟现实技术.....	211
8.2.3	文献存储与检索系统.....	212
8.3	计算机在教育教学中的应用.....	212
8.3.1	校园网建设.....	212
8.3.2	计算机管理教学与计算机辅助教育.....	213
8.3.3	网络教育.....	213
8.4	计算机在制造业中的应用.....	214
8.4.1	辅助完成产品的设计和制造.....	214
8.4.2	CIMS.....	214
8.4.3	虚拟制造.....	215
8.5	计算机在商业、银行、证券业中的应用.....	216
8.5.1	计算机在商业中的应用.....	216
8.5.2	计算机在银行中的应用.....	219
8.5.3	计算机在证券业中的应用.....	221
8.6	计算机在交通运输业中的应用.....	221
8.6.1	全球卫星定位系统.....	221
8.6.2	智能交通系统.....	222
8.6.3	地理信息系统.....	224
8.6.4	坐席预定系统.....	225
8.7	计算机在医学中的应用.....	225
8.7.1	在医学教育与医学实验中的应用.....	225
8.7.2	临床护理.....	226
8.7.3	计算机智能技术在医学诊断中的应用.....	226
8.7.4	计算机在药品管理中的应用.....	226
8.8	计算机在办公自动化中的应用.....	227
	思考题与习题.....	228
第 9 章	计算机科学技术学科适应领域与择业.....	229
	本章学习目标.....	229
9.1	计算机科学技术专业的职业种类.....	229
9.1.1	基本的职业能力.....	229
9.1.2	计算机科学技术专业人员的道德准则及素质.....	230
9.2	计算机科学技术学科的有关岗位.....	231
9.2.1	体现专业特色的岗位.....	231
9.2.2	互联网类职位.....	232
	思考题与习题.....	233
第 10 章	计算机常用软件介绍.....	234
	本章学习目标.....	234

10.1	Windows 的基本知识和基本操作 .....	234
10.1.1	Windows 的基础知识.....	234
10.1.2	Windows 的文件管理.....	238
10.1.3	Windows 的磁盘操作.....	240
10.1.4	Windows 的控制面版.....	242
10.1.5	Windows 的中文输入法.....	243
10.1.6	Windows 的常用快捷键.....	243
10.1.7	Windows 的系统维护.....	244
10.2	文字处理系统 Word 2003.....	245
10.2.1	Word 系统概述.....	245
10.2.2	Word 的基础知识.....	245
10.2.3	文档基本操作.....	246
10.2.4	文档的编辑.....	247
10.2.5	文档排版.....	250
10.2.6	图片、绘图与艺术字.....	250
10.2.7	表格处理.....	251
10.3	电子表格 Excel 2003 .....	253
10.3.1	Excel 窗口的组成.....	254
10.3.2	工作表的建立.....	255
10.3.3	工作表中的数据编辑.....	258
10.3.4	工作表的格式化.....	259
10.3.5	数据的图表化.....	260
10.4	演示软件 PowerPoint 2003 .....	260
10.4.1	PowerPoint 2003 的启动和退出 .....	260
10.4.2	PowerPoint 的基础知识 .....	261
10.4.3	演示文稿的创建、打开和保存.....	263
10.4.4	幻灯片的制作.....	263
10.4.5	幻灯片的插入与删除.....	265
10.4.6	幻灯片格式的设置.....	265
10.4.7	幻灯片的打印.....	265
	思考题与习题 .....	266
附录	参考实验.....	267
	参考文献 .....	270



# 第 1 章 计算机科学技术的基础知识

## 本章学习目标

本章主要介绍有关计算机科学技术的基础知识，包括计算机的发展简史、特点、用途、系统组成、基本结构和工作原理、计算机中数据的表示方法——数制与码制、程序设计基础知识等方面的内容。通过对上述知识点的介绍使初学者对计算机基础知识、基本概念有一定的了解。通过对计算机科学与技术专业的知识体系和专业方向的介绍使刚步入大学校门的学生对计算机科学技术的概貌和本质内容有所了解，并激发初学者对计算机科学知识获取与探索的欲望，为进一步学习后续课程奠定良好的基础。

## 1.1 计算机概述

电子数字计算机的产生和发展是 20 世纪科学技术最伟大的成就之一。半个多世纪以来，计算机科学技术日新月异，有了飞速的发展，计算机的性能越来越强，价格越来越便宜，软件越来越丰富，应用越来越广泛。计算机及其应用已渗透到社会的各个领域，有力地推动了社会信息化的发展。计算机科学技术的发展水平和计算机的应用程度已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。“计算机”一词几乎家喻户晓，作为一名计算机专业的学生，了解计算机的发展简史和特点，掌握计算机的基本概念及其应用范围是非常必要的。

### 1.1.1 计算机的基本概念

“计算机”顾名思义是一种计算的机器，它由一系列电子器件组成——英语名称为 Computer。计算机诞生的初期主要是被用来进行科学计算的，然而现在计算机的处理对象已远远超出了“计算”这个范围，现在计算机可以对数字、文字、颜色、声音、图形、图像等各种形式的数据进行加工处理。

当用计算机进行数据处理时，首先把要解决的实际问题用计算机语言编写成计算机程序，然后将待处理的数据和程序输入到计算机中，计算机按程序的要求，一步一步地进行各种运算，直到存入的整个程序执行完毕为止。因此，计算机必须是能存储程序和数据的装置。

计算机在数据处理过程中，不仅能进行加、减、乘、除等算术运算，而且能进行逻辑运算并对运算结果进行判断，从而决定以后执行什么操作。因此计算机具有各种计算的能力。

计算机具有信息处理能力。在当今的信息社会里，各行各业，随时随地产生大量的信息，人们为了高效地获取、传送、检索信息以及从信息中产生各种报表数据，必须将信息在计算机的控制下进行有效的组织和管理。因此说计算机是信息处理的工具。

综上所述，可以给计算机下一个定义：计算机是一种能按照事先存储的程序，自动、高速地进行大量数值计算和各种信息处理的现代化智能电子设备。

1.1.2 计算机系统的组成

一个计算机系统由计算机硬件和计算机软件两大部分组成。计算机硬件是由电子的、磁性的、机械的器件按照一定的体系结构连接而成的物理设备，是计算机系统赖以工作的实体。计算机软件是计算机系统上的程序、数据和有关文档的总称，是计算机系统的灵魂，是控制和操作计算机工作的核心。计算机系统的层次结构如图 1.1 所示。

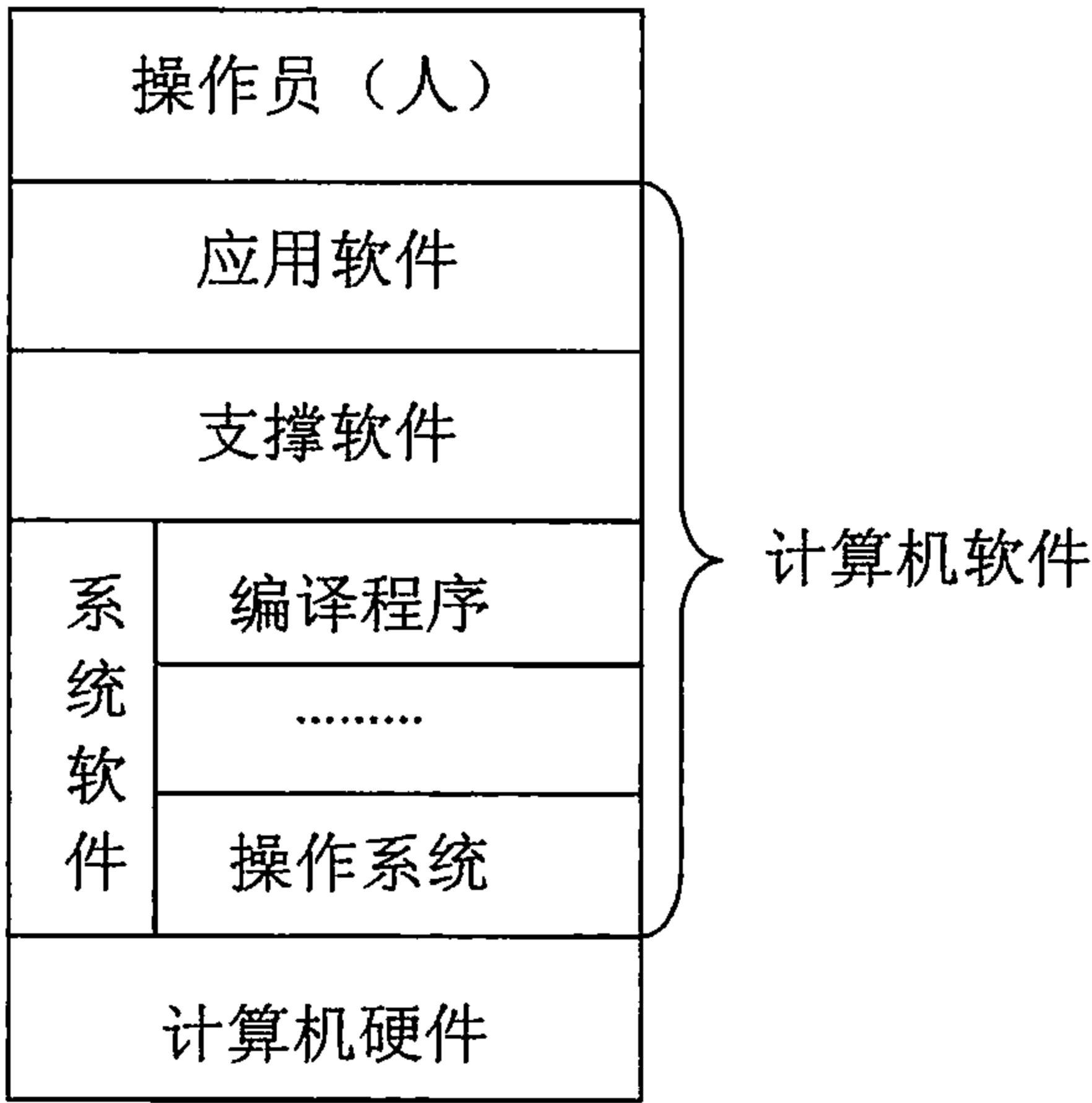


图 1.1 计算机系统的层次结构

1. 计算机硬件

计算机硬件（Computer hardware）在计算机系统的最内层，主要由中央处理器（CPU）、存储器、输入输出控制系统和各种输入输出设备等功能部件组成。每个功能部件各尽其责，协调工作。中央处理器是对信息进行高速运算和处理的部件；存储器可分为内存储器和外存储器（磁盘、磁带、光盘、U 盘等），用于存放各种程序和数据，内存可被 CPU 直接访问；输入输出控制系统管理外围设备（包括各种外存储器和输入输出设备）与内存储器之间的信息传送；输入输出设备（如键盘、鼠标、打印机、显示器、语音输入输出、绘图仪等）是计算机和用户的交互接口部件，其中输入设备负责将程序和数据输入到计算机中，输出设备负责将程序、数据、运算结果及各种文档从计算机中输出出来。计算机硬件系统组成结构如图 1.2 所示。

2. 计算机软件

计算机软件（Computer software）是相对于硬件而言的。它包括计算机运行所需的各种程序、数据及相关文档资料。脱离软件的计算机硬件称为“裸机”，它是不能做任何有意义的工作的，硬件是软件赖以运行的物质基础，软件是人与硬件之间的界面。计算机软件不仅为人们使用计算机提供方便，而且在计算机系统中起着指挥管理的作用。因此，一台性能优良的计算机硬件系统能否发挥其应有的功能，很大程度上取决于所配置的软件是否完善和丰富。软件不仅提高了机器的效率、扩展了硬件功能，也方便了用户的使用。计算机软件系统组成结构如图 1.3 所示。



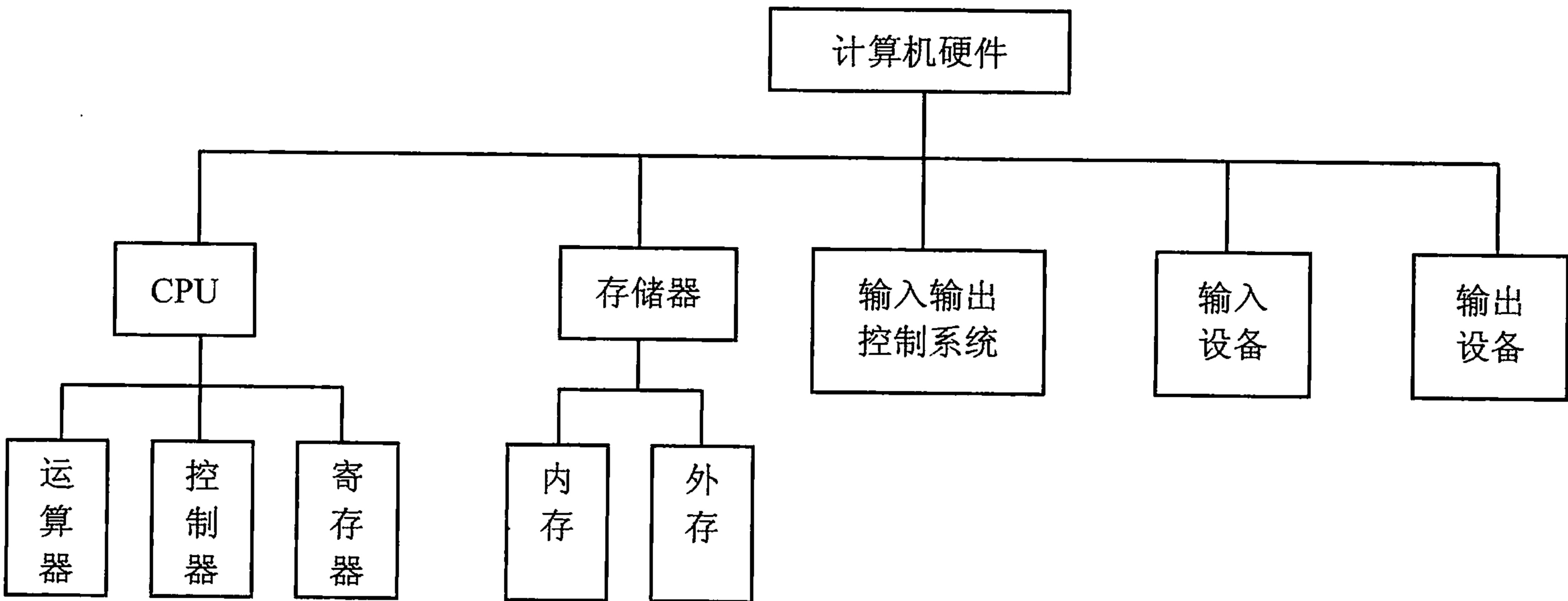


图 1.2 计算机硬件系统组成结构

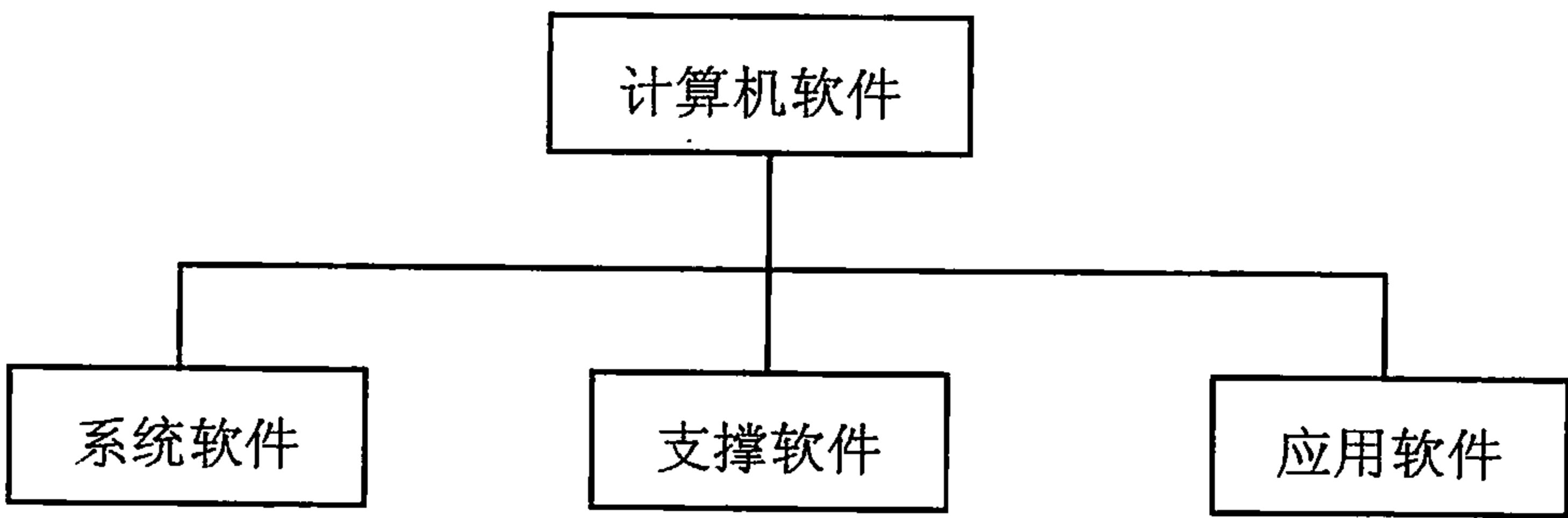


图 1.3 计算机软件系统组成结构

1.1.3 计算机的发展

自 1946 年美国宾西法尼亚大学研制出世界上第一台电子数字计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator)，至今虽然只有 60 多年时间，但计算机系统和计算机应用都得到了飞速的发展。计算机的发展与电子技术的发展密切相关，每当电子技术有突破性的进展时，就会导致计算机的一次重大变革。因此，以计算机元器件的变革作为“代”的标志，计算机的发展已经历了四代，并正在研制第五代。此外，在计算机发展的各个阶段所配置的软件和使用方式也有不同的特征，也是划分“代”的标志之一。

1. 第一代计算机——电子管计算机（1946—1957 年）

第一代计算机的逻辑元器件采用电子管，通常称为电子管计算机。世界上第一台电子计算机就是电子管计算机，该机是一个庞然大物，全机共使用了 18000 多个电子管，1500 个继电器，机重约 30t，占地约 167m<sup>2</sup>，耗电 150kw，每秒可作 5000 次加法运算。ENIAC 的诞生，开创了第一代电子计算机的新纪元。

第一代计算机的主要特点是：以电子管作为逻辑电路的主要器件；内存储器采用磁芯，外存储器利用磁鼓或磁带，用穿孔卡片机作为数据和指令的输入设备，计算机总体结构以运算器为中心，使用机器语言编程，几乎没有什么软件配置。这时期的计算机内存容量仅有几千个字节，运算速度一般为每秒数千至数万次，体积较大，价格昂贵，只能在少数尖端领域中得到应用，一般用于科学、军事等方面的计算。尽管存在这些局限性，它却奠定了计算机发展的基础。

2. 第二代计算机——晶体管计算机（1958—1964 年）

第二代计算机与第一代相比有了很大改进，第二代计算机的主要特征是：逻辑元器件采

用晶体管；内存储器采用了磁心体，内存容量扩大到几十千字节；引入了变址寄存器和浮点运算硬件；利用 I/O 处理机提高了输入输出能力；与第一代计算机相比，它的体积小、能耗低、可靠性高，运算速度明显提高，每秒可以执行几万次到几十万次的加法运算；在软件方面配置了子程序库和监控程序，提出了操作系统的概念，出现了高级语言，例如，FORTRAN、COBOL、ALGOL 等。高级语言的广泛使用推进了计算机的普及及应用，使其主要应用于科学计算、数据处理和事务管理。

第二代计算机的弱点是：输入输出设备速度很慢，无法与 CPU 的计算速度相匹配。这个问题在第三代计算机中引入了多道程序设计的技术，并将批处理管理程序进一步完善成为操作系统才得以解决。这一时期典型机种有 IBM7000。

### 3. 第三代计算机——集成电路计算机（1965—1971 年）

第三代计算机的逻辑元件采用集成电路。这种器件把几十个或几百个晶体管和电子线路组合在一块几平方毫米的硅片上（称为集成电路芯片）。第三代计算机的主要特点是：用中、小规模集成电路作为逻辑元件；主存储器采用半导体；使计算机的体积和耗电量大大减小，运算速度却大大提高，每秒钟可以执行几十万次到几百万次的加法运算，性能和稳定性进一步提高，计算机体系结构有了很大改进，价格明显下降；在软件方面则广泛引入多道程序、并行处理、虚拟存储系统以及功能完备的操作系统，出现了分时操作系统和会话式语言，采用结构化程序设计方法，为研制复杂的软件提供了技术上的保证。

典型的第三代计算机有 IBM 公司的 IBM360 和 IBM370 系列，以及 DEC 公司的 PDP-11 系列等。

### 4. 第四代计算机——大规模与超大规模集成电路计算机（1972 年至今）

第四代计算机最为明显的特征是使用大规模集成电路和超大规模集成电路。大规模集成电路（Large Scale Integration, LSI）每个芯片上的元件数为 1000~10000 个；而超大规模集成电路（Very Large Scale Integration, VLSI）每个芯片上则可以集成几万个到几十万个晶体管电子元件。大规模、超大规模集成电路技术的出现，使计算机沿着两个方向飞速发展。一方面是向大型、巨型机方向发展，运算速度可达每秒十亿次、百亿次，内存储器采用大容量的半导体，容量可达到百兆、千兆字节，体系结构进一步发展了并行处理、多机系统和分布式计算机系统。另一方面向微型化方向发展，利用超大规模集成电路技术，将运算器、控制器等部件集成在一个很小的集成电路芯片上，从而出现微处理器，把微处理器和半导体存储芯片及外围设备接口电路组装在一起形成了微型计算机。微型计算机的诞生是超大规模集成电路应用的直接结果，这一时期微型计算机的迅猛发展最引人注目。第四代计算机在软件方面操作系统不断完善，推出了数据库系统、分布式系统以及软件工程标准，应用软件已成为现代工业的一部分。

目前使用的计算机都属于第四代计算机，计算机正向巨型化、微型化、网络化、智能化、多媒体和多功能化方向发展。

### 5. 新一代计算机——智能计算机

新一代计算机正在研制之中，目前许多国家都正在研制这种新一代具有一定智能的计算机。新一代计算机的研究目标是打破以往计算机固有的体系结构，使计算机能够具有像人一样的思维、推理和判断能力，向智能化方向发展。新一代计算机的主要特征是人工智能，它将具有自然语言理解能力、模式识别能力和推理判断能力等，突破冯·诺依曼（Von Neuman）体系结构的限制，提出非冯·诺依曼的体系结构，如神经网络计算机。



## 6. 微型计算机的发展概况

微型计算机（简称微机）诞生于1971年，它的诞生和迅速普及是计算机发展史中最重大的事件。微型计算机具有体积小、重量轻、功耗小、可靠性高、使用环境要求不严格、价格低廉、易于成批生产等特点。

世界上第一台微型计算机是由美国 Intel 公司年轻的工程师马西安·霍夫（M.E.Hoff）于1971年研制成功的。他大胆地提出了一个设想，把计算机的全部电路做在4个芯片上，即：一片4位微处理器 Intel4004、一片320位（40字节）的随机存取存储器、一片256字节的只读存储器和一片10位的寄存器，它们通过总线连接起来就组成了世界上第一台4位微型计算机（MCS-4）。从此揭开了世界微型计算机发展的序幕。微型计算机的核心部件是微处理器（MPU），微处理器就是将运算器和控制器做在一块集成电路芯片上，根据微处理器的集成规模和功能，形成了微型计算机的不同发展阶段。

（1）第一代微型计算机。1972年，Intel 公司研制成功了8位微处理器 Intel8008，它主要采用工艺简单、速度较低的P沟道MOS（Metal Oxide Semiconductor，金属氧化物半导体）电路。Intel8008代表了第一代微处理器，由它装备起来的计算机 MCS-8 称为第一代微型计算机。

（2）第二代微型计算机。第二代微处理器是在1973年研制成功的，主要采用速度较快的N沟道MOS技术的8位微处理器，具有代表性的产品有 Intel 公司的 Intel8085、Motorola 公司的 M6800、Zilog 公司的 Z80 等。第二代微处理器的功能比第一代显著增强，以它为核心的微型计算机及其外设都得到相应的发展，由它装备起来的计算机称为第二代微型计算机。

（3）第三代微型计算机。第三代微处理器是在1978年研制成功的，主要采用 H-MOS（High—performance MOS）新工艺的16位微处理器。其典型产品是 Intel 公司的 Intel8086。Intel8086 比 Intel8085 在性能上又提高了近10倍。类似的16位微处理器还有 Z8000、M68000 等。由第三代微处理器装备起来的计算机称为第三代微型计算机。

（4）第四代微型计算机。从1985年起采用超大规模集成电路的32位微处理器，标志着第四代微处理器的诞生。典型产品有 Intel 公司的 Intel80386、Zilog 公司的 Z80000、惠普公司的 HP-32 等。由第四代微处理器装备起来的计算机称为第四代微型计算机。

1993年 Intel 公司推出32位微处理器芯片 Pentium，它的外部数据总线为64位，工作频率为66MHz~200MHz。以后又相继推出的 Pentium II、Pentium III 和 Pentium IV 微处理器都是更先进的32位高档微处理器。

## 7. 我国计算机的发展状况

我国于1958年研制出第一台电子管计算机。1964年国产第一批晶体管计算机问世。1992年我国研制出每秒能进行10亿次运算的巨型计算机——“银河”II，从而使我国成为世界上具有研制巨型计算机能力的国家之一。

### 1.1.4 计算机的分类

计算机科学技术的发展日新月异，计算机已成为一个庞大的家族。计算机的种类很多，从不同角度对计算机有不同的分类方法。

#### 1. 按计算机处理数据的方式分类

按照计算机处理数据的方式可以分为数字计算机（Digital Computer）、模拟计算机（Analog Computer）和数字模拟混合计算机（Hybrid Computer）三类。

（1）数字计算机。数字计算机处理的是非连续变化的数据，该类计算机输入、处理、输出和存储的数据都是数字量，这些数据在时间上是离散的，非数字量的数据（如字符、声音、图形、图像等）必须经过编码后方可处理。其基本运算部件是数字逻辑电路，因此运算精度高、通用性强。

（2）模拟计算机。该类计算机输入、处理、输出和存储的数据都是模拟量（如电压、电流、温度等），这些数据在时间上是连续的。其基本运算部件是由运算放大器构成的各类运算电路。一般来说，模拟计算机不如数字计算机精确，通用性不强，但解题速度快，主要用于过程控制和模拟仿真。

（3）数字模拟混合计算机。该类计算机将数字技术和模拟技术相结合，兼有数字计算机和模拟计算机的功能及优点，既能接受、输出和处理模拟量，又能接受、输出和处理数字量。

## 2. 按计算机的用途分类

按计算机的用途可分为通用计算机（General Purpose Computer）和专用计算机（Special Purpose Computer）两类。

（1）通用计算机。通用计算机是指为解决各种问题而设计且具有较强通用性的计算机。该类计算机具有广泛的用途和使用范围，一般应用于科学计算、数据处理、学术研究、工程设计等。

（2）专用计算机。专用计算机是指为适应某种特殊应用而设计的计算机。它具有运行效率高、速度快、精度高等特点，一般应用于特殊应用领域，如智能仪表、飞机的自动控制、导弹的导航系统等。

## 3. 按计算机的规模和处理能力分类

规模和处理能力主要是指计算机的体积、字长、运算速度、存储容量、外设的配置、输入输出能力等主要技术指标，按其分类大体可分为巨型计算机（Super Computer）、大/中型计算机（main\_frame）、小型计算机（Minicomputer）、微型计算机（Microcomputer）、工作站（Workstation）、服务器（Server）以及网络计算机（Net Computer）等种类。

（1）巨型计算机。巨型计算机是指运算速度快，存储容量大，每秒超过 1 亿次浮点运算速度，内存容量高达几百兆字节甚至几百万兆字节，字长 32 位以上的计算机。这类计算机价格最昂贵，主要用于复杂、尖端的科学计算及军事等专用领域。例如，由我国国防科技大学研制的“银河”和“曙光”系列计算机都属于这类计算机。

（2）大/中型计算机。大/中型计算机是指具有较高的运算速度，较大的存储容量以及很好的通用性，外部设备负载能力强的一类计算机。该类计算机的运算速度约为每秒 100 万次至几千万次，字长为 32 位~64 位，主存容量为几十兆字节至几百兆字节。它具有完善的指令系统，丰富的外部设备和功能齐全的软件系统，并允许多个用户同时使用，处理多用户的任务，但价格比较昂贵。该类计算机主要用于科学计算、数据处理和做网络服务器。例如，它通常被用来作为银行、铁路等大型应用系统中计算机网络的主机。

（3）小型计算机。小型计算机的运算速度和存储容量略低于大/中型计算机，具有规模较小、结构简单、操作方便、易于维护、成本较低、与终端和各种外部设备连接较容易，适合作为联机系统的主机等特点。在 20 世纪 60 年代中期发展起来的小型计算机，因当时微型计算机还未出现，从而得以广泛推广应用，主要用于工业生产自动化控制和事务处理。近期的小型计算机，如 IBM AS/400，其性能已大大提高，主要用于事务处理。



(4) 微型计算机。微型计算机(简称微机)是以微处理器为核心,加上存储器、输入输出接口和系统总线构成的计算机。它具有体积小、结构紧凑、价格低、功能较强的特点。以微机为核心,再配以相应的外部设备(如键盘、显示器、鼠标、打印机)、电源、辅助电路和相应软件就构成了一个完整的微型计算机系统。如果把这种微型计算机制作在一块印刷线路板上,则称其为单板机。如果在一块芯片中包含了微处理器、存储器和接口等微型计算机最基本的配置,则这种芯片为单片机。微机的问世在计算机的普及与应用中发挥了重大的推动作用。

(5) 工作站。工作站是指为某种特殊用途将高性能的微型计算机系统、输入输出设备及专用软件结合在一起的系统。例如,图形工作站。它的独到之处是有大容量内存、大屏幕显示器,特别适合于计算机辅助工程。典型产品有美国 SUN 公司的 SUN20。

图形工作站包括高性能的主机、扫描仪、鼠标、数字化仪、绘图仪、高精度的图形显示器、其他通用的输入输出设备以及图形处理软件等。它具有很强的对图形进行输入、处理、输出和存储的能力,在工程设计及多媒体信息处理中得到广泛的应用。

(6) 服务器。服务器是在网络环境下为多用户提供服务的共享设备,一般分为文件服务器、计算服务器、通信服务器和打印服务器等。该设备连接在网络上,网络用户在通信软件的支持下远程登录,共享各种服务。

(7) 网络计算机。网络计算机是一种在网络环境下使用的终端设备,其特点是内存容量大、显示器的性能高、通信功能强,但本机中不一定配置外存,所需要的程序和数据存储在网络的服务器中。

总之,目前微型计算机与工作站、小型计算机乃至中大型计算机之间的界限已经越来越模糊。无论按哪一种方法分类,各类计算机之间的主要区别是运算速度、存储容量及机器体积等。

### 1.1.5 计算机的特点

计算机作为一种通用的信息处理工具,具有极高的处理速度,很强的存储能力,精确的计算能力和逻辑判断能力。虽然各类计算机在性能、用途和规模结构上有所不同,但它们都具备以下一些特点。

#### 1. 运算速度快

由于计算机是采用高速电子器件组成,因此能以极高的速度工作。目前的巨型机运算速度已达到每秒几百亿次运算,微机也可达到每秒亿次以上。这不仅极大地提高了工作效率,还使许多复杂问题的运算处理得以实现。例如:卫星轨道的计算、天气预报的计算、大型水坝的计算等,过去人工计算需要几年、几十年,而现在用计算机只需几天甚至几分钟就可以完成。随着新技术的开发,计算机的运算速度还在迅速提高。

#### 2. 计算精度高

由于计算机采用二进制表示数据,因此它的精度主要取决于表示数据的位数,即机器字长。字长越长,其精度越高。又由于计算机内部采用浮点数表示方法,而且计算机的字长从 8 位、16 位增加到 32 位、64 位甚至更长,从而使处理的结果具有很高的精确度。

#### 3. 具有记忆能力

存储器是计算机的记忆部件,计算机把大量的数据和程序存入存储器,并把处理或计算的结果保存在存储器中。计算机存储器有内存储器和外存储器之分,内存和大容量的外存可以

记忆大量的信息和程序。目前，微型计算机的内存容量一般配置在 512MB 以上，外存（如硬盘）容量可以达到上百 GB。

#### 4. 具有逻辑判断能力

计算机不仅具有运算能力，还可以进行各种逻辑判断，并根据判断的结果自动决定下一步应该执行的指令。

#### 5. 具有自动控制能力

计算机内可以存储程序，计算机可以在事先编制好的程序的控制下自动完成各种操作，无需人工干预。

### 1.1.6 计算机的用途

计算机在科学技术、国民经济、社会生活等各个方面都得到了广泛的应用，这些应用正在改变着传统的工作、学习和生活方式，推动着社会的发展与进步。本小节先对计算机在应用领域中的用途作简要的介绍，在第 8 章中还将按照行业较为详细地讨论计算机的应用及主要技术。

#### 1. 科学计算

科学计算又称为数值计算，是指使用计算机来完成科学研究和工程技术中提出的数学问题计算。数值计算是世界上第一台计算机研制的主要目的，计算机高速、高精度的运算是人工计算所望尘莫及的。随着现代科学技术的进一步发展，数值计算在现代科学研究中的地位不断提高，在尖端科学领域中显得尤为重要。例如，人造卫星轨迹的计算，气象预报中求解大气运动规律的微分方程计算，火箭、宇宙飞船的研究设计中大量计算都离不开计算机的快速、精确计算。

#### 2. 数据处理

数据处理又称为信息处理，是指用计算机对数据进行输入、分类、加工、统计、排序、传输、检索、存储、制表等操作，形成有用的信息。它是计算机又一重要的应用领域，是现代化管理的基础，据统计，全世界计算机用于数据处理的工作量占全部计算机应用的 80% 以上。

数据处理与科学计算不同，数据处理涉及的数据量大，但计算方法较简单；而科学计算的数据量不大，但计算过程较复杂。当今社会已从工业社会进入到信息社会，面对聚积起来的浩如烟海的各种信息，为了全面、深入、精确地认识和掌握这些信息所反映的事物本质，就必须用计算机对信息进行合理组织和管理。目前，数据处理在计算机的应用中越来越普及，广泛应用于办公自动化、企业管理、图书资料管理、经济管理、事务管理、情报检索等。例如，字处理软件、电子报表软件的使用在办公自动化中发挥了巨大的作用，大大提高了工作效率；利用数据库技术开发的管理信息系统和决策支持系统也大大提高了企业或政府部门的现代化管理水平。

#### 3. 过程控制

过程控制又称为实时控制、自动控制，所谓过程控制是指用计算机及时采集数据，将数据检测、处理后，按最佳值迅速对控制对象进行自动控制或自动调节。过程控制目前被广泛用于操作复杂的钢铁工业、石油工业、医药工业等生产中。使用计算机进行过程控制可大大提高控制的实时性和准确性，提高劳动效率、产品质量，降低成本，缩短生产周期。

自动控制是指通过计算机对某一过程自动操作，它能按人预定的目标和预定的状态进行



过程控制。计算机自动控制在国防和航空航天领域中起决定性作用,例如,无人驾驶飞机、导弹、人造卫星和宇宙飞船等飞行器的控制都是计算机自动控制的具体实现。

#### 4. 计算机辅助系统

计算机辅助系统主要包括计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机辅助教育等。

(1) 计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD)。CAD 是指借助计算机的计算、逻辑判断、数据处理以及绘图等功能,并结合人的设计经验,自动或半自动地完成各类工程设计工作。目前 CAD 技术已应用于飞机设计、船舶设计、大规模集成电路设计、建筑设计、服装设计、机械设计等方面。采用 CAD 可缩短设计周期,提高工作效率,节省人力和财力,提高设计水平和质量。

(2) 计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, CAM)。CAM 是使用计算机辅助人们完成工业产品的制造任务,指用计算机进行生产设备的管理、控制和操作。例如,在产品的制造过程中,用计算机控制机器的运行、处理生产过程中所需的数据、控制和处理材料的流动以及对产品进行检验。使用 CAM 可缩短生产周期,降低成本,解放劳动力,降低劳动强度,提高产品质量。有些国家已把 CAD 和 CAM、CAT (计算机辅助测试, Computer Aided Test) 及 CAE (计算机辅助工程, Computer Aided Engineering) 组成一个集成系统,使设计、制造、测试和管理有机地组成为一体,形成高度的自动化系统。计算机自动化生产线就是一个典型的例子。一台计算机的设计从方案论证、逻辑设计、组装设计到制造、调试,是一个复杂而烦琐的过程,采用 CAD 技术,大部分设计工作,包括各种工程逻辑图、插件布线图的绘制,都可利用计算机进行,在计算机的生产过程中,经常利用计算机协助筛选器件和测试插件,以及整机的测试和诊断。这样使得计算机的生产周期大大缩短,可靠性明显提高。

(3) 计算机辅助教育 (Computer Aided Instruction, CAI)。CAI 是指用计算机来辅助完成教学计划、模拟某个实验、辅导学生自学及教学管理的过程。计算机存入教学程序后,可以根据教学需要,提供教学内容或实验与习题。可以对一批学生中不同的学生进行不同内容的个别教学且互不影响。计算机辅助教学以其形象、直观的特点,不仅可以减轻教师负担,便于因材施教,还能激发学生的学习兴趣,提高教学质量。计算机辅助管理教学可以提高学校的管理水平和工作效率。近年来由于多媒体技术和网络技术的发展,推动了 CAI 的发展,网上教学和远程教育已在许多学校展开。

#### 5. 人工智能

人工智能 AI (Artificial Intelligence) 是用计算机模拟或部分模拟人类的智能,一般是指模拟人脑进行演绎推理和采取决策的思维过程。人工智能是计算机应用研究最前沿的学科领域,在医疗诊断、定理证明、语言翻译、机器人等方面,都已有了显著的成效。我国已开发成功一些中医专家诊断系统,可以模拟名医给患者诊病开方。机器人也是计算机人工智能的典型例子。机器人的核心是计算机,第一代机器人是机械手;第二代机器人有一定的触觉、视觉、听觉,对外界信息有反馈的能力;第三代机器人是智能机器人,具有感知,具备使用语言、推理和操纵工具的技能,可模仿人完成某些动作。机器人不怕疲劳,能代替人在危险工作中进行繁重的劳动。例如,在有放射线、污染有毒、高温、低温、高压、水下等环境中工作。

#### 6. 电子商务

电子商务 (E-Business) 是指通过计算机和网络进行商务活动。电子商务是在 Internet 的广阔联系与传统信息技术系统的丰富资源相结合的背景下应运而生的一种网上相互关联的动

态商务活动，另外还应有完善的网上支付系统的支持。

电子商务始于 1996 年，起步虽然不长，但其高效率、低支付、高收益和全球性的优点，很快受到各国政府和企业的广泛重视。电子商务发展前景广阔，可为人们提供众多的机遇。世界各地的许多公司已通过 Internet 进行商业交易，它们通过网络方式与顾客联系、与批发商联系、与供货商联系、与股东联系。电子商务旨在通过网络完成核心业务，改善售后服务，缩短周转时间，从有限的资源中获取更大的收益，从而达到销售商品的目的。

## 1.2 计算机科学与技术专业知识体系和专业方向

作为计算机科学与技术专业的大学生，首先必须了解在大学 4 年的学习中应具备什么样的知识结构和综合能力，在大学生活开始时就知道构建一个什么样的知识体系 and 如何构建这个知识体系。

### 1.2.1 素质培养和知识体系

为了适应 21 世纪经济建设和社会发展对人才的需要，各高等学校在培养方案中大都提到：以素质教育为基础，以创新教育为核心，贯彻以学生为主体，教师为主导的教育思想；加强基础，拓宽专业，强化能力，注重创新；为经济建设和社会发展培养基础理论扎实、知识面宽、素质高、能力强、富有创新精神的高素质人才。

教育工作者已意识到综合素质和能力对一个人的事业成功起到了至关重要的作用。综合素质应体现在以下几个方面：

（1）品德素质。热爱祖国，热爱人民；具有远大理想抱负；遵纪守法，严于律己，宽以待人，团结协作，勤奋向上。

（2）文化素质。从人类一切优秀文化中汲取营养，陶冶情操，提高自身的文学素质、科学素质、美学素质。

（3）心理素质。树立科学的世界观和人生观，能适应顺境和逆境环境下的自我调整，既不为一时的成功而沾沾自喜，也不为一时的挫折而灰心丧气。

（4）专业素质。具备扎实的基础理论，掌握计算机学科的基本概念和方法，具有较强的实践能力，了解计算机学科的发展方向和应用前景，具备较强的分析问题和解决问题的能力。

（5）身体素质。注重锻炼身体，具备良好的身体素质，能应对日常工作及超强度工作的需要。

大学生应具备以下几方面的能力：

（1）自学能力。从小学到中学主要以教师传授知识为主，进入大学后，要逐步由以教师传授知识为主向自主获取知识为主过渡，掌握必要的文献检索、资料查询的基本方法及能力，掌握从图书馆、资料室、互联网等重要信息源获取信息的能力，注重自学能力的提高，为日后走向社会独立工作打下基础。

（2）自控能力。自我控制约束能力是一个人基本素质的体现，进入大学，个人自由空间变大了，自由时间变多了，更需要自我约束控制能力。作为一名大学生，应该知道目前的主要任务是什么，应该知道该做什么、不该做什么，注重锻炼自己的意志力和自我控制能力，强化社会责任感和历史使命感，这也是日后事业有成的重要基础。



(3) 表达能力。包括书面文字表达能力和口头与人沟通的能力。作为社会中的人,总是要与其他人交流的,特别是在日益走进信息化社会的今天,表达能力更显重要。特别要强调的是,从事计算机领域的工作(不管是科学研究、技术开发还是商业经营),英语表达能力尤为重要,要注重英语的听、说、读、写、译能力的提高,这对于及时了解计算机学科的最新成果,正确把握学科的发展趋势都是至关重要的。

(4) 创新能力。现在社会是一个竞争的社会,要想在竞争中处于有利地位,创新是基础。理论创新、技术创新、制度创新、管理创新、教育创新,无论日后从事什么工作都需要创新,没有创新思维和创新能力就不具备竞争力。

(5) 组织能力。大学毕业走向社会,总是要工作在一个团队中,总要涉及到合作问题,组织协调能力对于充分调动成员的积极性,高质量完成合作性工作是非常必要的。

知识、能力、素质是相互联系、相互影响的,没有合理的知识体系支撑,就不可能有强能力和高素质,知识是能力和素质的基础,具备了较强的能力和较高的素质又可以更好更快地获取知识。根据素质和能力培养的要求,计算机科学与技术专业的知识体系主要包括公共基础知识、学科基础知识和专业知识三大模块。

公共基础知识模块主要开设树立科学的世界观、培养高尚情操和良好的心理素质、增强法制观念等方面的课程,还有“大学英语”、“大学体育”和“大学语文”等课程。

学科基础知识模块主要开设数学和电子学方面的课程。如“高等数学”、“线性代数”、“概率论与数理统计”、“离散数学”、“普通物理学”、“电路基础”、“模拟电路”、“数字电路”等。

专业知识模块主要分为专业基础和专业方向两部分。专业基础课程主要包括“计算机科学与技术导论”、“程序设计基础”、“面向对象程序设计”、“计算机组成原理”、“数据结构”、“操作系统”、“数据库原理”、“软件工程”、“编译原理”、“计算机网络原理”等。专业方向课程根据不同方向开设相关的专业课程。在后面的相应章节中分别对“程序设计基础”、“数据结构”、“操作系统”、“软件工程”、“计算机组成原理”、“数据库原理”、“计算机网络”等专业核心主干课程的主要研究内容进行了简要介绍,以便学生初步建立专业思想和完整的学科体系。

### 1.2.2 专业方向

计算机科学与技术学科经过了半个多世纪的迅猛发展,已经成为一个相对比较完备的学科体系,衍生了许多相对独立的方向和分支。

近十年来,计算机学科发生了巨大变化,这一变化对计算机专业的教育产生了深远影响。从历史上看,在计算机学科发展的早期,数学、逻辑、电子学、程序语言和程序设计是支撑学科发展的主要基础知识。到了20世纪60~70年代,数据结构与算法、计算机原理、编译技术、操作系统、程序设计与程序语言、数据库系统原理等成为学科的主要基础知识。从20世纪80年代开始,并行与分布计算、网络技术、软件工程等开始成为新的学科内容,计算机学科原有的专业设置框架被突破,逐渐形成了在“计算机科学与技术”一个专业之下分为计算机科学、计算机工程、软件工程、信息技术等多个专业方向的新格局。

#### 1. 计算机科学(CS)

计算机科学的学科范围跨度很大,包括从理论基础、算法基础到最前沿的学科发展,比如机器人学、计算机视觉、智能系统、仿生信息学等许多令人兴奋的学科。计算机科学家的工

作包括三个方面：

（1）设计和实现软件。计算机科学家往往承担具挑战性的编程工作。同时他们也指导其他程序员，让程序员不断获取新的方法。

（2）发明应用计算机的新方法。计算机科学领域中的网络、数据库、人机界面等方面的新进展，使万维网的发展成为可能。现在计算机科学研究人员正和其他领域的专家合作，使机器人变成实用的智能助手，使用数据库来生成新知识，用计算机帮助我们破译 DNA 的秘密。

（3）发明高效的方法解决计算问题。如，计算机科学家要开发出最好的方法用于在数据库中存储信息，通过网络传输数据以及显示复杂图像。计算机科学的理论背景可以帮助计算机科学家确定方法的最优性能，在算法领域的研究可帮助他们开发出具有更优性能的新方法。

## 2. 计算机工程（CE）

计算机工程是一门关于设计和构造计算机以及基于计算机系统的学科。它所涉及的研究包括软件、硬件、通信以及它们之间的相互作用等方面。它的课程关注传统的电子工程及数学方面的理论、原理及实践，还包括如何应用它们解决设计计算机和基于计算机的设备等问题。

当前，在计算机工程中的一个热门方向是嵌入式系统，旨在开发嵌入了软件硬件于其中的设备。例如手机、数字音频播放器、数字视频录像机、警报系统、X 光机、激光外科用具等设备，它们全都需要硬件和嵌入式软件的综合。它们都是计算机工程的研究成果。

## 3. 软件工程（SE）

软件工程是一门交叉性的工程学科，它是将计算机科学、数学、工程学和管理学等基本原理应用于软件的开发和维护中，其重点在于大型软件的分析与评价、规格说明、设计和演化，同时涉及管理、质量、创新、标准、个人技能、团队协作和专业实践等。

## 4. 信息技术（IT）

信息技术专业，主要培养能满足多种组织对计算机技术需求的人才。信息技术专业更多地关注于“技术”本身，信息技术是一门新的且快速发展的学科，并作为一门基础学科响应着公司或组织的多种日常实践需求。

# 1.3 计算机的运算基础

关于数，大家并不陌生，在日常工作和学习中，我们经常接触各种各样的数，数是各种运算的基础。计算机处理的对象就是数据，在计算机学科中数据的含义很广泛，除了数学中的数值外，字符、声音、图形、图像等都是数据，那么计算机的运算基础——数据是如何表示的呢？有哪些要求？下面主要从计算机的角度研究数的表示方法及其特点。

## 1.3.1 数制

### 1. 数制的概念

按进位的原则进行计数叫进位计数制，简称数制。在日常生活中，人们广泛使用的是十进制数，因此对十进制数也最习惯，但除十进制计数以外，也有不少非十进制的计数方法，例如，计时，60 秒为 1 分钟，60 分钟为 1 小时，这是六十进制计数法；中国的“老秤”，1 斤等于 16



两，这是十六进制计数法；当然，在生活中还有许多其他各种各样的进位计数法。

无论哪一种数制都涉及两个基本术语：基数和各数位的位权。所谓某数制的基数是指该数制中允许选用的基本数码的个数。例如，最常用的十进制数，它的特点是逢十进一，它的每个数位上允许选用的数字是0、1、2、3、4、5、6、7、8、9，所以十进制的基数是10。一个数码处在数的不同位置时，它所代表的数值是不同的。例如，在十进制数中，数字4在个位上表示4；在十位上表示40，即 $4 \times 10$ ；在百位上表示400，即 $4 \times 10^2$ ；在小数点后第一位上则表示0.4，即 $4 \times 10^{-1}$ 。可见每个数码所表示的数值等于该数码乘以一个与数码所在位置有关的常数，这个常数叫位权。位权的大小是以基数为底，数码所在位置的序号为指数的整数次幂。例如，十进制数个位数位置上的位权为 $10^0$ ，十位数位置上的位权为 $10^1$ ，千位数位置上的位权为 $10^3$ ，小数点后第3位的位权为 $10^{-3}$ 。例如，十进制数154.368可以表示成： $154.368 = 1 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2} + 8 \times 10^{-3}$ 。

计算机的运算基础是二进制，在计算机中大都采用二进制计数制，而不使用人们习惯的十进制数，这是由二进制的特点决定的。二进制计数只有两个计数符号0和1，计算机中无论是数值型数据还是字符、声音、图像等非数值型数据都采用0和1形式的二进制码。在计算机中采用二进制码的原因有：

(1) 二进制的两个数码0和1，用电子器件表示这两个状态极易实现。例如，可用高电平表示“1”，低电平表示“0”，也可以用开关的接通和断开表示它们。

(2) 二进制数的运算规则简单，可以使计算机运算器的结构大大简化，控制也简单。

(3) 由于二进制数只有两个状态，所以数字的传输和处理不容易出错，计算机工作的可靠性高。

(4) 二进制码的两个符号“0”和“1”正好与逻辑命题的两个值“真”和“假”相对应，为计算机实现逻辑运算和程序中的逻辑判断提供了便利条件。

## 2. 常用的数制

在计算机科学技术中常用的数制有：十进制、二进制、八进制和十六进制。在计算机内部一切数据（包括数值、字符、指令等）的存储、处理和传送均采用二进制形式。二进制在计算机中是以器件的物理状态来表示的，这些器件具有两种不同的稳定状态（如低电平表示0，高电平表示1）且能相互转换，既简单又可靠。但二进制烦琐不便于书写，通常用八进制或十六进制来书写，因此在计算机学科中又引入了八进制和十六进制。为了适应人的习惯，数值型数据在输入输出设备上则采用人们十分熟悉的十进制。

无论是哪一种数制，其计数和运算都有共同的规律和特点。采用位权表示法的数制有4个重要的特征：

(1) 逢R进一（其中R为基数）。如十进制数逢十进一。

(2) 数字的总个数等于基数。如十进制使用10个数字（0~9）。

(3) 最大的数字比基数小1。如十进制中最大数字为9。

(4) 每个数字都要乘以基数的幂次，该幂次由每个数字所在的位置决定。

一般地，对于R进制而言，其基数为R，使用R个数字表示数值，其中最大的数字为R-1，任何一个R进制数N：

$$N = a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 \cdot a_{-1} \cdots a_{-m}$$

均可表示为如下按权展开式形式：

$$\begin{aligned} N &= a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 \cdot a_{-1} \cdots a_{-m} \\ &= a_n \times R^n + a_{n-1} \times R^{n-1} + \cdots + a_1 \times R^1 + a_0 \times R^0 + a_{-1} \times R^{-1} + \cdots + a_{-m} \times R^{-m} \end{aligned}$$

表 1.1 列出了常用数制的基数、位权和数字符号。

表 1.1 常用数制的基数、位权和数字符号

	十进制	二进制	八进制	十六进制
基 数	10	2	8	16
位 权	$10^i$	$2^i$	$8^i$	$16^i$
数字符号	0~9	0, 1	0~7	0~9,A,B,C,D,E,F

注 其中 i 为小数点前后的位序号。

下面详细讨论十进制、二进制、八进制和十六进制。

(1) 十进制（简记符为 D）。十进制是用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 十个数码表示数值，采用“逢十进一”计数原则的进位计数制。因此十进制数的基数为 10，十进制数中处于不同位置上的数字代表不同的值，与它对应的位权有关，十进制数的位权为  $10^i$ ，其中 i 代表数字在十进制数中的序号，例如，任一个十进制数  $a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 a_{-1} \cdots a_{-m}$ ，则 i 的取值范围为  $n, n-1, \cdots, 2, 1, 0, -1, -2, \cdots, -m$ ，所以其中任一位  $a_i$  的值为  $a_i \times 10^i$ ，这称为数的位权表示法。

例如，十进制数 5246.376 可表示成：

$$5246.376 = 5 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2} + 6 \times 10^{-3}$$

一般地，任一个十进制数  $N = a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 a_{-1} \cdots a_{-m}$  可表示为：

$$\begin{aligned} N &= a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 a_{-1} \cdots a_{-m} \\ &= a_n \times 10^n + a_{n-1} \times 10^{n-1} + \cdots + a_1 \times 10^1 + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=n}^{-m} a_i \times 10^i \end{aligned}$$

其中 m, n 为正整数，n 为小数点左边的位数，m 为小数点右边的位数。 $a_i$  取值为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 之一。

(2) 二进制（简记符为 B）。与十进制相似，二进制是用数字 0 和 1 表示数值，采用“逢二进一”计数原则的进位计数制。因此二进制数的基数为 2，二进制数中处于不同位置上的数字代表不同的值，每一个数字的位权由 2 的幂次决定，即： $2^i$ ，其中 i 为数字在二进制数中的序号。

例如，二进制数 1011.101 可表示成：

$$1011.101 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}。$$

一般地，任一个二进制数  $N = a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 a_{-1} \cdots a_{-m}$  可表示为：

$$\begin{aligned} N &= a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 a_{-1} \cdots a_{-m} \\ &= a_n \times 2^n + a_{n-1} \times 2^{n-1} + \cdots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0 + a_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + a_{-m} \times 2^{-m} \\ &= \sum_{i=n}^{-m} a_i \times 2^i \end{aligned}$$

其中 m, n 为正整数，n 为小数点左边的位数，m 为小数点右边的位数。 $a_i$  取值为 0 或 1。



二进制计数方式最本质的东西是每位数计满 2 时，向高一位进一，即“逢二进一”。对于二进制数，小数点向右移一位，数值就扩大 2 倍，例如： $11011.101=10\times(1101.1101)$ ；反之，小数点向左移一位，数值就缩小 2 倍，例如： $11011.101=1/10\times(110111.01)$ 。注：式中等号右边的 10 是二进制数，等价于十进制数 2，不能看成是十进制数的 10。

这个性质与十进制的相似，只不过在十进制中，小数点向右移一位，数值就扩大 10 倍；反之，小数点向左移一位，数值就缩小 10 倍。另外，判断十进制数是奇数还是偶数，只看个位就行了，个位是奇数就是奇数，如 3、19、15、255、3677 等都是奇数，个位数是偶数就是偶数，如 12、244、1880 等都是偶数。二进制数也有类似的性质，若个位数是 1，则这个二进制数就是奇数，如 11、11101、110001 等都是奇数；若个位数是 0，则这个数就是偶数，如 110，111010，11000 等都是偶数。

二进制数的加法和乘法的运算规则如下：

加法运算规则：

- $0 + 0 = 0$
- $0 + 1 = 1$
- $1 + 0 = 1$
- $1 + 1 = 10$ （本位为零，向高位有进位）

乘法运算规则：

- $0 \times 0 = 0$
- $0 \times 1 = 0$
- $1 \times 0 = 0$
- $1 \times 1 = 1$

【例 1.1】 $(1011)_2 + (11011)_2 = ?$

$$\begin{array}{r} 1011 \\ + 11011 \\ \hline 100110 \end{array}$$

即： $1011 + 11011 = 100110$ ，相当于十进制数  $11+27=38$ 。

【例 1.2】 $(1001)_2 \times (110)_2 = ?$

$$\begin{array}{r} 1001 \\ \times 110 \\ \hline 1001 \\ + 1001 \\ \hline 110110 \end{array}$$

即： $(1001)_2 \times (110)_2 = (110110)_2$ ，相当于十进制数  $9\times6=54$ 。

(3) 八进制（简记符为 Q）。八进制是用 0、1、2、3、4、5、6、7 八个数码表示数值，采用“逢八进一”计数原则的进位计数制。因此八进制数的基数为 8，每位数字的位权由 8 的幂次决定，即： $8^i$ ， $i$  为数字在八进制数中的序号。

任一个八进制数  $N = a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 a_{-1} \cdots a_{-m}$  可表示为：

$$\begin{aligned} N &= a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 a_{-1} \cdots a_{-m} \\ &= a_n \times 8^n + a_{n-1} \times 8^{n-1} + \cdots + a_1 \times 8^1 + a_0 \times 8^0 + a_{-1} \times 8^{-1} + \cdots + a_{-m} \times 8^{-m} \\ &= \sum_{i=n}^{-m} a_i \times 8^i \end{aligned}$$

其中  $m, n$  意义同前， $a_i$  的取值范围为 0，1，2，3，4，5，6，7 中任一数字。

例如： $(473.25)_8 = 4 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} + 5 \times 8^{-2}$ 。

（4）十六进制（简记符为H）。十六进制是用 0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，A，B，C，D，E，F 十六个数码表示数值，采用“逢十六进一”计数原则的进位计数制。因此十六进制数的基数为 16，十六进制中处于不同位置上的数字代表不同的值，每位数字的位权由 16 的幂次决定，即： $16^i$ ，i 为数字在十六进制数中的序号。

同理，任一个十六进制数  $N = a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 a_{-1} \cdots a_{-m}$  可表示为：

$$\begin{aligned} N &= a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 a_{-1} \cdots a_{-m} \\ &= a_n \times 16^n + a_{n-1} \times 16^{n-1} + \cdots + a_1 \times 16^1 + a_0 \times 16^0 + a_{-1} \times 16^{-1} + \cdots + a_{-m} \times 16^{-m} \\ &= \sum_{i=n}^{-m} a_i \times 16^i \end{aligned}$$

其中 m，n 意义同前， $a_i$  的取值范围为 0~9，A，B，C，D，E，F 中任一数字。

例如： $(4AF8.94B)_{16} = 4 \times 16^3 + A \times 16^2 + F \times 16^1 + 8 \times 16^0 + 9 \times 16^{-1} + 4 \times 16^{-2} + B \times 16^{-3}$ 。

综上所述，各种进位计数制的基本道理是相同的，只是在日常生活中不经常用到二进制、八进制和十六进制，对它们不十分熟悉而已，但它们之间存有内在的联系，它们之间可以相互转换。表 1.2 列出了各种数制之间的对应关系。

表 1.2 各种数制之间的对应关系

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10
...	...	...	...

3. 各种数制间的相互转换

将数由一种数制转换成另一种数制称为数制间的转换。由于计算机采用二进制，但用计

计算机解决实际问题时,对数值的输入输出通常使用十进制。这就存在着十进制与二进制之间相互转换的问题。当要使用计算机进行数据处理时首先必须把输入的十进制数转换成计算机所能接受的二进制数,然后才能进行加工处理,处理后得到的二进制运行结果又必须转换成人们所熟悉的十进制数输出,这两种数制之间的相互转换过程在计算机内频繁地进行,而且这两个转换过程完全由计算机系统的专门程序自动完成,不需人工干预,但我们仍有必要了解数制转换的基本方法和基本步骤。

(1) 非十进制转换成十进制。非十进制数转换成十进制数采用“位权法”,即把非十进制数写成各自的按权展开式,然后按十进制运算原则求和,其和值就是转换后对应的十进制数。

【例 1.3】将二进制数 1011101.1001 转换成十进制数。

$$\begin{aligned}(1011101.1001)_2 &= 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + \\ &\quad 0 \times 2^{-2} + 0 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} \\ &= 64 + 16 + 8 + 4 + 1 + 0.5 + 0.0625 = (93.5625)_{10}\end{aligned}$$

【例 1.4】将八进制数 763.24 转换成十进制数。

$$\begin{aligned}(763.24)_8 &= 7 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} \\ &= 448 + 48 + 3 + 0.25 + 0.0625 = (499.3125)_{10}\end{aligned}$$

【例 1.5】将十六进制数 B2F 转换成十进制数。

$$\begin{aligned}(B2F)_{16} &= B \times 16^2 + 2 \times 16^1 + F \times 16^0 \\ &= 11 \times 16^2 + 2 \times 16^1 + 15 \times 16^0 = 2816 + 32 + 15 = (2863)_{10}\end{aligned}$$

(2) 十进制数转换成非十进制数。将十进制数转换成二进制数、八进制数或十六进制数等非十进制数的方法是相似的,将一个十进制数转换成非十进制数时,整数部分和小数部分的转换方法是不同的,需要将整数部分和小数部分分别进行转换,将两个转换结果结合起来就可以得到对应的非十进制数。

1) 十进制整数转换成非十进制整数。将十进制整数转换为非十进制整数采用“除基取余法”,即:将十进制整数及此期间产生的商逐次除以需转换为数制的基数,直到商为零为止,并记下每一次相除所得到的余数,按从后往前的次序将各余数记作  $K_n K_{n-1} K_{n-2} \cdots K_0$ ,从而构成转换后对应的非十进制整数。

值得注意的是,第一次得到的余数为非十进制数的最低位,最后一次得到的余数为非十进制数的最高位。简言之,将十进制整数转换为非十进制整数的规则为除基倒取余。

【例 1.6】将十进制整数 125 转换成对应的二进制整数。

2	125	余数
2	62	1
2	31	0
2	15	1
2	7	1
2	3	1
2	1	1
	0	1

则得:  $(125)_{10} = (1111101)_2$

【例 1.7】将十进制整数 125 转换成对应的十六进制整数。



16

|

125

16

|

7

|

0

余数

13 (D)

7

↑

则得： $(125)_{10} = (7D)_{16}$

【例 1.8】将十进制整数 125 转换成对应的八进制整数。

8

|

125

8

|

15

8

|

1

|

0

余数

5

7

1

↑

则得： $(125)_{10} = (175)_8$

2) 十进制小数转换成非十进制小数。将十进制小数转换为非十进制小数采用“乘基取整法”，即：将十进制小数及此期间产生的积小数部分逐次乘以需转换为数制的基数，直到积的小数部分为零为止或达到一定精度为止，并记下每一次相乘所得到的整数部分，按照从前往后的次序，将各整数部分记作  $k_1k_2\cdots k_m$ ，从而构成转换后对应的非十进制小数。

【例 1.9】将十进制小数 0.625 转换成对应的二进制小数。

0.625

×

2

1.250

—

0.25

×

2

0.5

×

2

1.0

整数部分

1

0

1

↓

则得： $(0.625)_{10} = (0.101)_2$

【例 1.10】将十进制小数 0.625 转换成对应的十六进制小数。

0.625

×

16

3750

+

625

10.000

整数部分

10 (A)

↓

则得： $(0.625)_{10} = (0.A)_{16}$

【例 1.11】将十进制小数 0.625 转换成对应的八进制小数。

0.625

×

8

5.000

整数部分

5

↓

则得： $(0.625)_{10} = (0.5)_8$

【例 1.12】将十进制小数 0.467 转换成对应的二进制小数。

0.467

× 2

0.934

× 2

1.868

0.868

× 2

1.736

.....

整数部分

0

1

1

↓

则得： $(0.467)_{10} = (0.011\cdots)_2$

由上例可见，十进制小数并不是都能够用有限位的非十进制小数精确地表示。这时应根据精度要求转换到一定的位数为止，得到近似的非十进制小数。

如果一个十进制数既有整数部分，又有小数部分，则应将整数部分和小数部分分别进行转换，然后把两者相加便得到结果。

【例 1.13】将十进制数 125.625 转换成对应的二进制数。

因为  $(125)_{10} = (1111101)_2$        $(0.625)_{10} = (0.101)_2$

所以  $(125.625)_{10} = (1111101.101)_2$

表 1.3 和表 1.4 分别列出了十进制整数和小数与二进制整数和小数之间的对应关系，熟记这种对应关系可以使十进制与二进制之间的转换更加方便。

表 1.3 十进制整数与二进制整数的对应关系

十进制数	二进制数	十进制数	二进制数
0	0	16 ( $=2^4$ )	10000
1 ( $=2^0$ )	1	32 ( $=2^5$ )	100000
2 ( $=2^1$ )	10	64 ( $=2^6$ )	1000000
3	11	128 ( $=2^7$ )	10000000
4 ( $=2^2$ )	100	256 ( $=2^8$ )	100000000
5	101	512 ( $=2^9$ )	1000000000
6	110	1024 ( $=2^{10}$ )	10000000000
7	111	2048 ( $=2^{11}$ )	100000000000
8 ( $=2^4$ )	1000	4096 ( $=2^{12}$ )	1000000000000
9	1001	...	...
...	...		

表 1.4 十进制小数与二进制小数的对应关系

十进制小数	二进制小数
0.5 ( $=2^{-1}$ )	0.1
0.25 ( $=2^{-2}$ )	0.01
0.125 ( $=2^{-3}$ )	0.001
0.0625 ( $=2^{-4}$ )	0.0001
0.03125 ( $=2^{-5}$ )	0.00001

(3) 二进制与八进制、十六进制之间的转换。由于一位八进制数对应 3 位二进制数, 一位十六进制数对应 4 位二进制数, 于是二进制数与八进制数、十六进制数之间的转换比较简单。

1) 二进制与八进制之间的转换。二进制的基数是 2, 八进制的基数是 8, 由于 8 是 2 的 3 次幂, 即:  $8=2^3$ , 因此, 一位八进制数正好相当于 3 位二进制数; 反之, 3 位二进制数可以表示一位八进制数。所以若把二进制数转换为八进制数, 只须以小数点为界, 将整数部分从右向左, 每 3 位一组, 最高一组不足 3 位时, 在最左端添 0 补足 3 位, 小数部分从左向右, 每 3 位一组, 最低一组不足 3 位时, 在最右端添 0 补足 3 位, 然后将各组的 3 位二进制数转换为对应的一位八进制数, 即得到转换后的八进制数。反之, 若将八进制数转换成二进制数, 只要把每位八进制数用对应的 3 位二进制数表示, 即可得到对应的二进制数。3 位二进制数与一位八进制数的对应关系参见表 1.2。

【例 1.14】将二进制数 1101100111.10011 转换成对应的八进制数。

$$\begin{array}{ccccccc} \underline{001} & \underline{101} & \underline{100} & \underline{111} & . & \underline{100} & \underline{110} \\ 1 & 5 & 4 & 7 & & 4 & 6 \end{array}$$

则得:  $(1101100111.10011)_2 = (1547.46)_8$

【例 1.15】将八进制数 576.32 转换成对应的二进制数。

$$(576.32)_8 = \underline{101} \ \underline{111} \ \underline{110} . \underline{011} \ \underline{010}$$

则得:  $(576.32)_8 = (101111110.01101)_2$

2) 二进制与十六进制之间的转换。十六进制的基数是 16, 由于 16 是 2 的 4 次幂, 即:  $16=2^4$ , 因此, 一位十六进制数可用四位二进制数表示; 若把二进制数转换为十六进制数, 只须以小数点为界, 将整数部分从右向左, 每 4 位一组, 最高一组不足 4 位时, 在最左端添 0 补足, 小数部分从左向右按 4 位为一组, 最低一组不足 4 位时, 在最右端添 0 补足, 然后, 将各组的 4 位二进制数转换为对应的一位十六进制数, 即得到转换后的十六进制数。反之, 若将十六进制数转换成二进制数, 只要把每位十六进制数用对应的 4 位二进制数表示即可。4 位二进制数与一位十六进制数的对应关系参见表 1.2。

【例 1.16】将二进制数 1101100111.10111 转换成对应的十六进制数。

$$\begin{array}{ccccccc} \underline{0011} & \underline{0110} & \underline{0111} & . & \underline{1011} & \underline{1000} \\ 3 & 6 & 7 & & B & 8 \end{array}$$

则得:  $(1101100111.10111)_2 = (367.B8)_{16}$

【例 1.17】将十六进制数 5FD4.A3 转换成对应的二进制数。

$$(5FD4.A3)_{16} = \underline{0101} \ \underline{1111} \ \underline{1101} \ \underline{0100} . \underline{1010} \ \underline{0011}$$

则得:  $(5FD4.A3)_{16} = (10111111010100.10100011)_2$

### 1.3.2 码制

计算机处理的数据分为数值型和非数值型两类。数值型数据是指数学中的代数值, 具有量的含义, 且有正负之分、整数和小数之分; 而非数值型数据是指输入到计算机中的所有信息, 没有量的含义, 如英文字母、数字符号 0~9、汉字、声音、图形、图像等。由于计算机采用二进制, 也就是说计算机只识别 0 和 1 形式的代码, 所以输入到计算机中任何数值型和非数值型数据都必须转换为二进制代码。本节先讨论数值型数据的编码方法, 在后面将讨论非数值型数据的编码方法。



1. 机器数与真值

在计算机中，数值型数据是用二进制数来表示的，数值型数据有正、负之分，通常，在数字前面冠以“+”或“-”符号来表示数的正负。在计算机内部“+”号和“-”号也需数码化，用一位二进制数表示，通常规定：用“0”表示“+”号，用“1”表示“-”号，因此，在数字前冠以一个“0”来表示正数，在数字前冠以一个“1”来表示负数。即数值型数据的最高位用来表示数值的正负，这一位通常称为符号位。在计算机内部数字和正负号都用二进制代码表示，两者结合在一起构成数值型数据的机内表示形式。把这种连同数字与符号组合在一起的二进制数称为机器数，由机器数所表示的实际值称为真值。

例如： $(00110101)_2 = (+53)_{10}$

即在计算机内部 00110101 这一串二进制数代表十进制数+53。

$(10110101)_2 = (-53)_{10}$

即在计算机内部 10110101 这一串二进制数代表十进制数-53。

【例 1.18】求十进制数“+120”和“-120”的机器数。

十进制数“120”的二进制数为 1111000。

$(+120)_{\text{机器数}} = 01111000 \qquad (-120)_{\text{机器数}} = 11111000$

在计算机中机器数可以用不同的码制来表示，常用的码制有原码表示法、反码表示法和补码表示法。为了简单起见，下面只以整数为例介绍原码、反码和补码表示法。

2. 原码

原码表示法：用符号位和数值位两部分表示一个带符号数，设字长为 n 位，最高位为符号位，正数的符号位用 0 表示，负数的符号位用 1 表示，其余 n-1 位数值部分用二进制形式表示。数 X 的原码记为  $[X]_{\text{原}}$ 。

例如：假设机器字长 8 位，二进制数+1011011 和 - 1011011 的原码分别表示为 01011011 和 11011011。

注意：在原码表示中，零有两种表示形式，即： $[+0]_{\text{原}} = 00000000$ ， $[-0]_{\text{原}} = 10000000$

原码所能表示的数的范围与二进制数的位数（即机器字长）有关，假设用 8 位二进制数表示时，最高位为符号位，整数原码表示的范围为-127~+127。即最大数是 01111111，最小数是 11111111。同理，用 16 位二进制数表示整数原码时的范围为-32767~+32767。

【例 1.19】假设字长为 8，求十进制数+56 与-56 的原码。

因为  $(56)_{10} = (111000)_2$

所以  $[+56]_{\text{原}} = 00111000 \qquad [-56]_{\text{原}} = 10111000$

用原码表示一个数简单、直观，与真值之间转换方便。这种表示法，对乘法和除法的符号判别是很方便的，在作乘法或除法时，把数的符号位按位相加后，就得到结果的符号位，其规则是：正数乘（或除）正数，符号位按位相加得 0+0=0

正数乘（或除）负数，符号位按位相加得 0+1=1

负数乘（或除）正数，符号位按位相加得 1+0=1

负数乘（或除）负数，符号位按位相加得 1+1=0

但这种表示法对加、减法来说运算比较复杂，不能用它直接对两个同号数相减或两个异号数相加。

例如：将十进制数“39”与“-56”的两个原码直接相加。

因为  $[+39]_{\text{原}} = 00100111$                        $[-56]_{\text{原}} = 10111000$

$$\begin{array}{r} 00100111 \\ + 10111000 \\ \hline 11011111 \end{array}$$

所以  $00100111+10111000 = 11011111$ ，其结果符号位为“1”表示是负数，真值为“1011111”，即等于十进制数“-95”，这显然是错误的。又如，将十进制数“+39”与“+56”的两个原码直接相减：

$$\begin{array}{r} 00100111 \\ - 00111000 \\ \hline 11101111 \end{array}$$

其机器数为“11101111”，真值为十进制数 - 111，这显然也是不对的。因此为了计算机中方便进行加、减法而引入了反码和补码表示法。

3. 反码

反码表示法规定：正数的反码和原码相同，负数的反码是对该数的原码除符号位外各位取反，即“0”变“1”，“1”变“0”。数 X 的反码记为 $[X]_{\text{反}}$ 。

例如：假设机器字长 8 位，二进制数+1011011 和 - 1011011 的反码分别表示为 01011011 和 10100100。零的反码表示有两种，即： $[+0]_{\text{反}} = 00000000$ ， $[-0]_{\text{反}} = 11111111$ 。

可以验证，任何一个数的反码的反码即是原码本身。反码通常作为求补过程的中间形式。

4. 补码

补码表示法规定：正数的补码和原码相同，负数的补码是对该数的原码除符号位外各位取反，最末位加 1。即：反码加 1。数 X 的补码记为 $[X]_{\text{补}}$ 。

例如：假设机器字长 8 位，二进制数+1011011 和 - 1011011 的补码分别表示为 01011011 和 10100101。零的补码表示是唯一的，即： $[+0]_{\text{补}} = [-0]_{\text{补}} = 00000000$ 。

补码所能表示的数的范围也与二进制数的位数（即机器字长）有关，假设用 8 位二进制数表示时，最高位为符号位，整数补码表示的范围为 - 128 ~ +127。用 16 位二进制数表示整数补码时的范围为 - 32768 ~ +32767。

【例 1.20】假设字长为 8，求十进制数+56 与 - 56 的补码。

$$\begin{aligned} [+56]_{\text{补}} &= [+56]_{\text{原}} = 00111000 \\ [-56]_{\text{原}} &= 10111000 & [-56]_{\text{补}} &= 11001000 \end{aligned}$$

可以验证，任何一个数的补码的补码即是原码本身。

引入补码的概念之后，加减法运算都可以用加法来实现，也就是说减法变为加法来运算，并且两数的补码之“和”等于两数“和”的补码。即：

$$\begin{aligned} [X+Y]_{\text{补}} &= [X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}} \\ [X-Y]_{\text{补}} &= [X+(-Y)]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}} \end{aligned}$$

【例 1.21】计算十进制数“39”与“56”之差，即：39-56 = ？

在计算机中，将计算十进制数“39”与“56”的差，化成计算“39”与“-56”的和，其中“39”与“-56”都用补码形式表示，即： $(39)_{10} - (56)_{10} = [39]_{\text{补}} + [-56]_{\text{补}}$

$$[39]_{\text{补}} = 00100111 \qquad [-56]_{\text{补}} = 11001000$$

$$\begin{array}{r} 00100111 \\ + 11001000 \\ \hline 11101111 \end{array}$$

其结果 11101111 为补码，对它再进行一次求补运算就得到结果的原码表示形式，即：  
[11101111]<sub>补</sub> = 10010001 则 10010001 = - 0010001 = ( - 17 )<sub>10</sub>，由于 39 - 56 = - 17，所以结果正确。

由此可以看出，在计算机中加减法运算都可以统一化成补码的加法运算，其符号位也参与运算，这是十分方便的，目前计算机中的加减法运算基本上都采用补码进行运算。

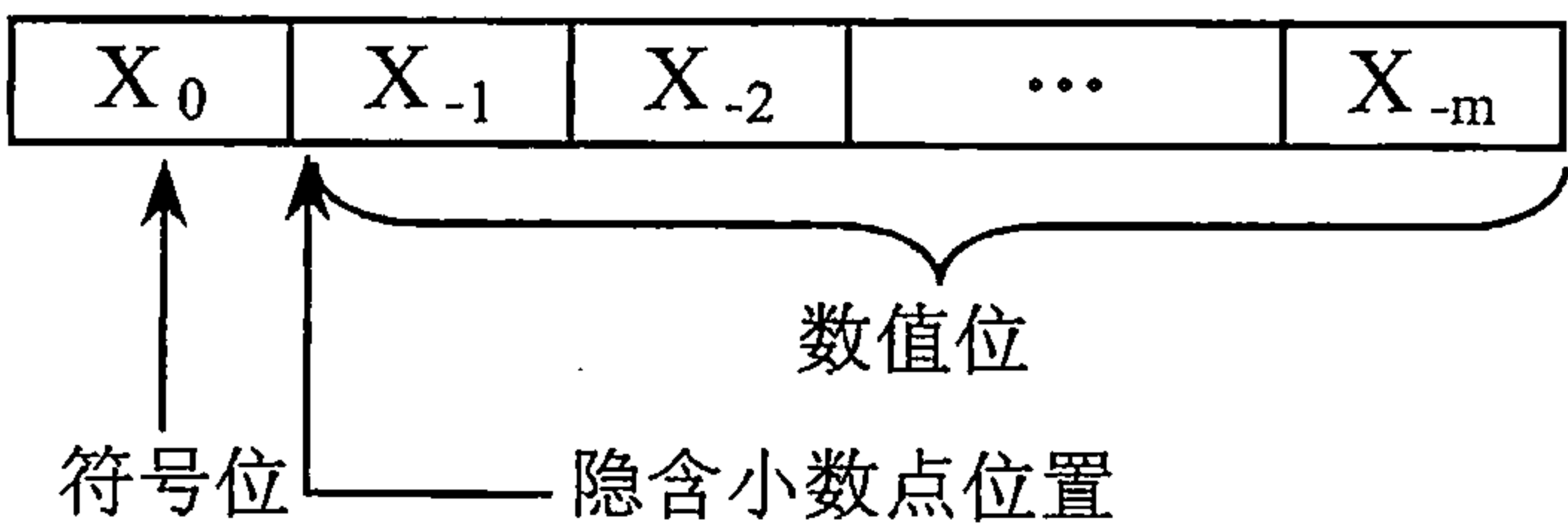
1.3.3 定点数和浮点数

在计算机中，参与运算的数据，既有整数，也有小数。当处理的数值含有小数部分时，计算机并不是采用某个二进制位来表示小数点，而是用隐含规定小数点的位置来表示。按小数点的位置是否固定，一般分为定点数和浮点数，相应地数据具有定点表示和浮点表示两种形式。

1. 定点数

在机器中，小数点位置固定的数称为定点数，定点数根据小数点隐含固定位置不同，又分为定点小数和定点整数。一般采用定点小数表示法，有时也可采用定点整数表示法，定点数的运算规则比较简单，但不适宜对数值范围变化比较大的数据进行运算。

(1) 定点小数。定点小数是指小数点隐含固定在最高数值位的左边，符号位右边，参与运算的数是纯小数。记作： $X_0.X_{-1}X_{-2}\cdots X_{-m}$ ，定点小数在计算机中表示的格式如下。



需要指出的是，这里的小数点是假想的，并不是机器中真有一个表示小数点的设备。

在定点小数表示中，机器中运算的数都是绝对值小于 1 的纯小数。实际上，参加运算的数不可能都是这样的纯小数，对于绝对值大于 1 的数，如果直接使用定点小数格式将会产生“溢出”，因此需要根据实际需要取一个“比例因子”，将原始数据按该比例缩小，以定点小数格式表示，得到结果后再按该比例扩大，才能得到实际的结果。

例如，有一数为 110.1001 将其乘以  $2^{-3}$ ，得： $110.1001 \times 2^{-3} = 0.1101001$

这样，该数就通过比例因子  $2^{-3}$  缩小为小于 1 的数。

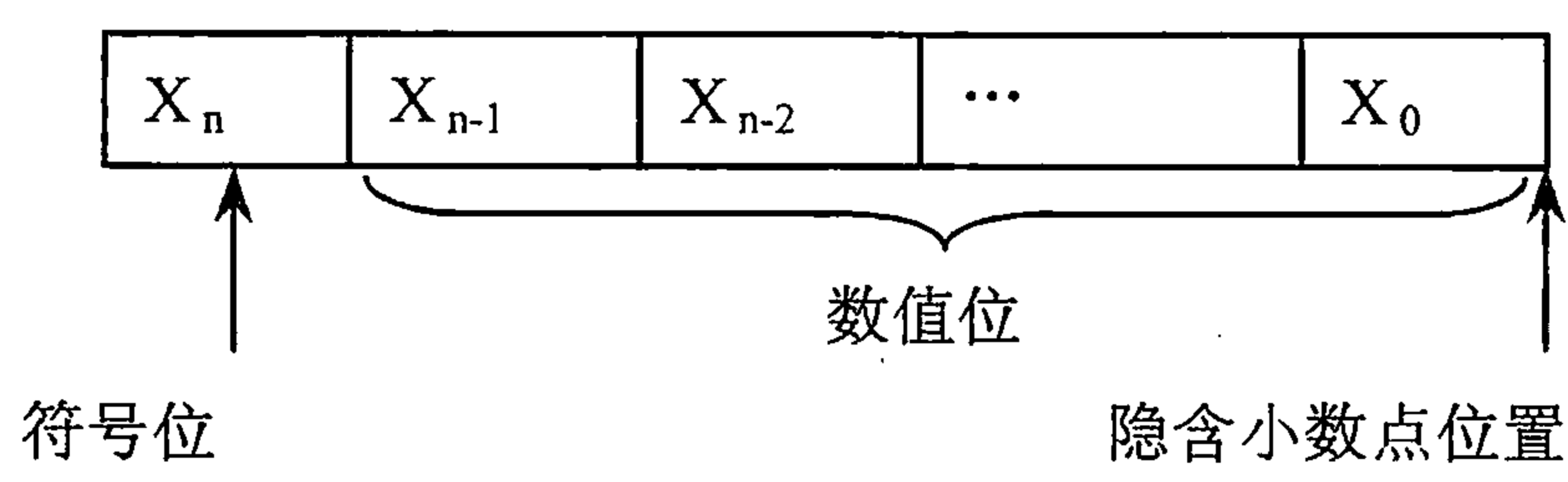
假定机器字长为 n 位，其中一位是符号位，其余 (n-1) 位是有效数值位，那么这种定点小数所能表示的数值范围为：  
$$- \underbrace{0.1111\cdots11}_{n-1 \text{ 位}} \sim \underbrace{0.1111\cdots11}_{n-1 \text{ 位}}$$

即： $-(1-2^{-(n-1)}) \leq x \leq 1-2^{-(n-1)}$

若机器采用补码运算，由于零的补码唯一，通常规定用 1.0000...00 表示 - 1，所以 n 位字长（1 位为符号位）的定点小数所能表示的数值范围为： $- 1 \leq x \leq 1-2^{-(n-1)}$ 。

(2) 定点整数。定点整数是指小数点隐含固定在整个数值的最右端，符号位右边所有的位数表示的是一个纯整数。记作： $X_nX_{n-1}X_{n-2}\cdots X_1X_0$ ，定点整数在计算机中表示的格式如下：





在定点整数表示中，机器中运算的数都是绝对值大于 1 的整数，并且都是绝对值在一定范围内的整数，对于绝对值超出该范围或参与运算的数是小数，就不能直接使用定点整数格式表示，需要根据实际情况适当地选取一个“比例因子”进行调整。

n 位字长（其中有一位是符号位）的定点整数（补码）所能表示的数值范围为：

$$-2^{n-1} \leq X \leq 2^{n-1} - 1$$

定点表示法所能表示的数值范围非常有限，计算机做定点运算时，很容易“溢出”。溢出是计算结果超出字长表示范围的现象，它使计算机的运算发生错误。

无论是定点小数或定点整数，由于小数点都固定在一个位置，所以机器在运算时不必对位，可以直接进行加减运算。实现这种运算方法的电路都比较简单，但表示数的范围受到限制，缺乏灵活性，且为了防止“溢出”需要选择合适的“比例因子”，对运算前后的数据按比例因子折算，使用也不方便。

2. 浮点数

浮点数是指小数点位置不固定、根据需要而浮动的数，它既有整数部分又有小数部分。定点数所能表示的范围非常有限，在许多场合下是不够用的，浮点数表示法可以扩大数据的表示范围。

在计算机中通常把浮点数分成阶码和尾数两部分来表示，其中阶码一般用补码定点整数表示，阶码用于表示该数的小数点位置，尾数一般用补码或原码定点小数表示，尾数用于表示数据的有效位。

一个数 N 用浮点数表示可以写成： $N = M \times R^E$

其中 M 表示尾数，E 表示指数，R 表示基数。基数一般取 2、8、16。一旦计算机定义好了基数值，就不能再改变了，因此基数在浮点数中不用表示出来，是隐含的。

浮点数的格式多种多样，在设计时，阶码和尾数占用的位数可以灵活设定，由于阶码确定数的表示范围，而尾数确定数的精度，所以当字长一定时，分配给阶码的位数越多，则表示数的范围越大，但分配给尾数的位数将减少，从而降低了表示数的精度，反之，分配阶码的位数减少，则数的表示范围将变小，但尾数的位数增加，从而使精度提高。例如，某计算机字长为 32 位，用 4 个字节表示浮点数，阶码部分为 8 位补码定点整数，尾数部分为 24 位补码定点小数，基数为 2，如图 1.4 所示。

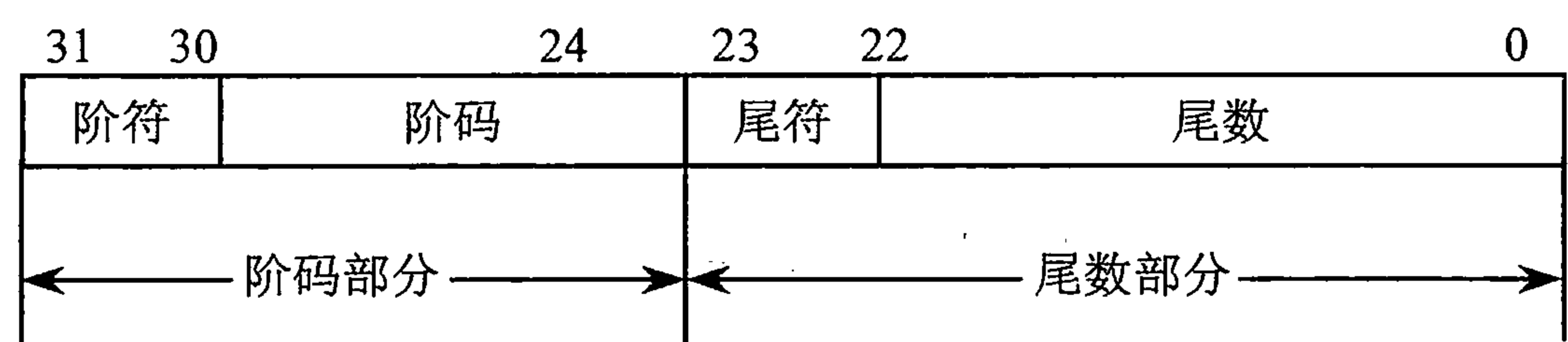


图 1.4 浮点数格式

为了提高精度通常其尾数的最高位必须是非零的有效位，这称为浮点数的规格化形式。

由于其阶码为 8 位，由阶码最大值为  $2^7 - 1 = (127)_{10}$ ，阶码最小值为  $-2^7 = (-128)_{10}$ ，这样格式所表示数的范围为： $-1 \times 2^{127} \sim (1 - 2^{-23}) \times 2^{127}$

由此可见，浮点数的表示范围要比定点数大得多，但也不是无限的。当计算机中参与运算的数超出了浮点数的表示范围时称为溢出。如果一个数的阶码大于计算机所能表示的最大阶码，则称为上溢；反之，若小于最小阶码，则称为下溢。上溢时计算机将停止运算，转溢出中断处理程序进行溢出处理；下溢时计算机将该数作为机器零来处理，即把该浮点数的阶码和尾数全置成零，但仍能进行运算。

采用浮点表示的数，在运算之前要进行对齐小数点的操作（称为对阶），才能进行加减运算。在计算机中判断两数的小数点是否对齐，只要判断两数的阶码是否相等，若相等，则说明两小数点的位置已对齐。实现浮点运算操作比较麻烦，设备也比较复杂。

1.3.4 信息编码

信息编码是指对输入到计算机中的各种非数值型数据用二进制数进行编码的方式。所谓编码就是用若干位二进制代码，选择一定的组合原则来表示组成信息的各种符号。根据不同的用途有各种各样的编码方案，常用的有 ASCII 码、BCD 码、汉字编码和数据校验码。

1. ASCII 码

ASCII 码（American Standard Code for Information Interchange）是美国标准信息交换码，已被国际标准化组织定为国际标准，是目前最普遍使用的字符编码。字符是计算机中使用最多的非数值型数据，是人与计算机进行通信、交互的重要媒介。

ASCII 码有 7 位码和 8 位码两种编码方案，常用的是 7 位码方案。7 位 ASCII 码是用 7 位二进制数进行编码的，可共表示  $2^7=128$  个字符。7 位 ASCII 码表如表 1.5 所示。

表 1.5 7 位 ASCII 码表

b <sub>3</sub> b <sub>2</sub> b <sub>1</sub> b <sub>0</sub> 位	b <sub>6</sub> b <sub>5</sub> b <sub>4</sub> 位							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	“	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	‘	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

ASCII 码的每个字符用 7 位二进制码表示，其排列次序为  $b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$ ， $b_6$  为高位， $b_0$  为低位。通过查 ASCII 码表可以找到数字、运算符、标点符号以及控制字符等字符与 ASCII 码之间的对应关系。例如：字符“%”的 ASCII 码为 0100101；小写字母“g”的 ASCII 码为 1100111；ASCII 码 0110011 对应的字符是数字“3”；ASCII 码 0001101 对应的是 CR（回车）控制符等。表 1.5 中高 3 位为 000 和 001 两列是一些控制符，其编码值在 0~31（0000000~0011111）之间，控制符不对应任何可印刷字符，用于计算机通信中的通信控制或对计算机设备的功能控制。例如：“NUL”表示空白，其编码值为 0；“SOH”表示报头开始，其编码值为 1（0000001）；“STX”表示文本开始、“ETX”表示文本结束、“EOT”表示发送结束、“ENQ”表示查询、“ACK”表示应答、“BEL”表示响铃、“BS”表示退格、“HT”表示横表、“LF”表示换行、“VT”表示纵表、“FF”表示换页、“CR”表示回车、“CAN”表示作废、“SYN”表示同步、“SP”表示空格、“DEL”表示删除等。

字符 0~9 这 10 个数字字符的 ASCII 码的高 3 位编码（ $b_6b_5b_4$ ）为 011，低 4 位为 0000~1001。当去掉高 3 位的值时，低 4 位正好是 0~9 的二进制数形式。这样编码既满足正常的排序关系，又有利于完成 ASCII 码与二进制数之间的转换。大写英文字母 A~Z 的编码值为 65~90（1000001~1011010），小写英文字母 a~z 的编码值为 97~122（1100001~1111010），英文字母的编码值满足正常的字母排序关系，且大、小写英文字母编码的对应关系相当简单，差别仅表现在  $b_5$  位的值为 0 或 1，对应大、小写英文字母 ASCII 码值十进制形式相差 32，因此大、小写英文字母之间的编码转换非常便利。

在计算机中一个字节为 8 位，为了提高信息传输的可靠性，字符 ASCII 码在计算机内实际是用 8 位二进制代码表示的，一个字符占一个字节存储空间，一个字节中的 ASCII 码表示如图 1.5 所示。

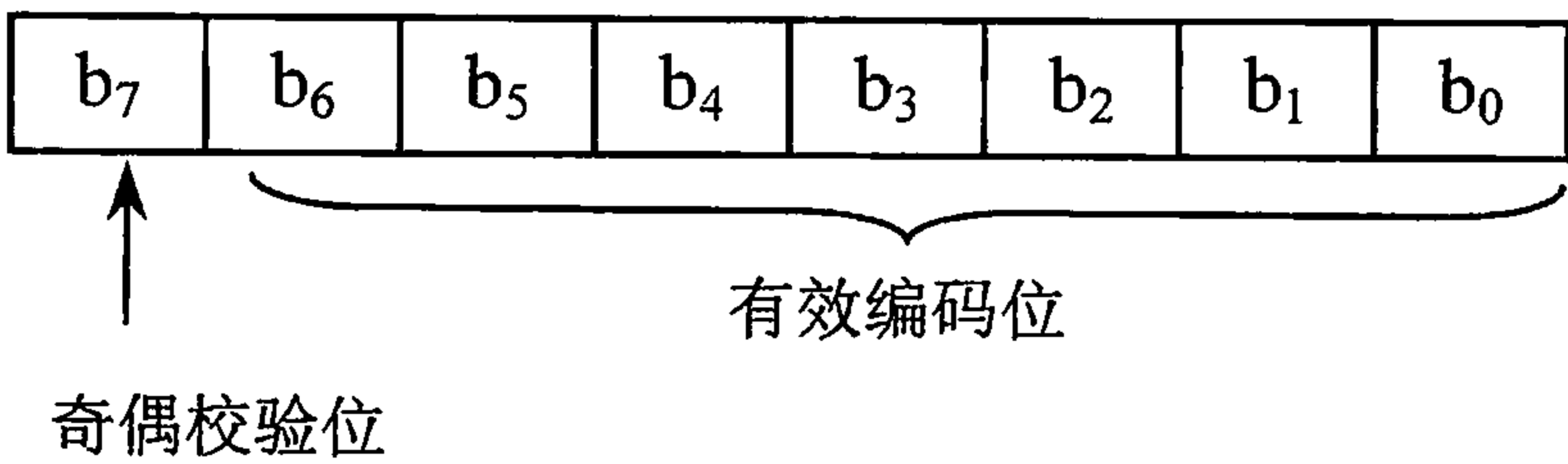


图 1.5 一个字节中的 ASCII 码表示

其中 ASCII 码的最高位  $b_7$  作为奇偶校验位。所谓奇偶校验，是指在代码传送过程中用来检验是否出现错误的一种方法，一般分奇校验和偶校验两种。例如，奇（偶）校验规则为：若 7 位 ASCII 码中“1”的个数为奇（偶）数，则校验位置“0”，否则置“1”。注意，校验位仅在信息传输时有用，在对 ASCII 码进行处理时校验位被忽略。

2. BCD 码

BCD 码又称 8421 码，是一种二—十进制的编码，它使用 4 位二进制数表示一位十进制数。由于 4 位二进制数可表示 16 种状态，只取前 10 种状态 0000~1001 来表示十进制数码 0~9，从左到右每位二进制数的权分别是 8、4、2、1，因此又叫 8421 码。这种编码既具有二进制形式，又具有十进制的特点，它是逢“十”进位的。BCD 码 10 个不同的码分别是：0000、0001、0010、0011、0100、0101、0110、0111、1000 和 1001，这 10 个码分别代表十进制数码 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。BCD 码很直观，可以很容易地实现与十进制的转换。对于多位十进制数，可以直接使用一位十进制数用 4 位二进制数来编码表示。例如：十进制数 1258 对应



的BCD码是0001001001011000;反之,BCD码1001 1000 0111 0010对应的十进制数是9872。十进制数与BCD码的对应关系如表1.6所示。

表 1.6 十进制数与 BCD 码的对应关系

十进制数	BCD 码	十进制数	BCD 码
0	0000	10	00010000
1	0001	11	00010001
2	0010	12	00010010
3	0011	13	00010011
4	0100	14	00010100
5	0101	15	00010101
6	0110	16	00010110
7	0111	17	00010111
8	1000	18	00011000
9	1001	19	00011001
		20	00100000

这里值得注意的是,两位十进制数是用8位二进制数并列表示,它不是一个8位二进制数。如38的BCD码是00111000,而二进制数 $(00111000)_2 = 2^5 + 2^4 + 2^3 = (56)_{10}$ 。BCD码与二进制之间的转换不能直接进行。BCD码要先转换成十进制后再转换成二进制,反之亦然。

3. 汉字编码

计算机在处理汉字信息时也要将其转化为二进制代码,这就需要对汉字进行编码,由于汉字与西文字符比较,汉字数量大,字形复杂,同音字多,所以汉字编码就不能像字符编码一样,在计算机系统中输入、内部处理、存储和输出都使用同一代码。为了在计算机系统的各个环节中方便和确切地表示汉字,需要使用多种汉字编码方式,如汉字输入码、汉字机内码、汉字交换码、汉字字形码以及汉字地址码等,计算机的汉字信息处理系统在处理汉字时,不同环节使用不同的编码,并根据不同的处理层次和不同的处理要求,要进行一系列的汉字代码转换。从汉字编码转换的角度,从汉字输入到最终的汉字输出的转换过程如图1.6所示。

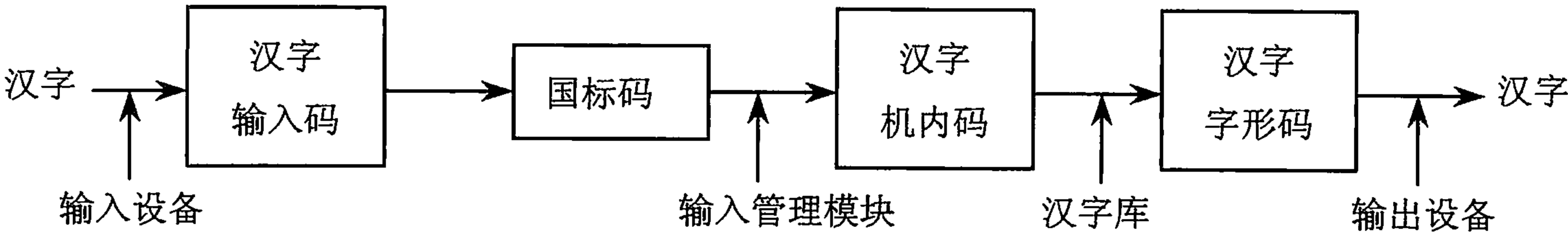


图 1.6 汉字输入到汉字输出的转换过程

当输入汉字时,根据输入的汉字输入码通过公式计算或查找输入码表完成从汉字输入码到汉字机内码的转换;当输出汉字时,根据汉字机内码在汉字库中查找出其点阵字形码,送去显示或打印。

(1)汉字输入码。汉字输入码是为方便人工通过输入设备(如键盘)输入汉字而设计的代码。其表示形式大多用字母、数字或符号。输入码种类繁多,广泛采用的输入码主要有列几种:

- 1) 以字音为基础的输入码。例如,拼音码。

- 2) 以字形为基础的输入码。例如，五笔字型。
- 3) 以字形字音为基础的混合输入码。例如，快速输入码。

为了便于汉字的输入，中文操作系统或汉字信息处理系统都提供了多种汉字输入方式，如：区位码、五笔字型码、自然码、智能 ABC 输入码等。使用者可以根据自己的情况选择不同的输入方式。由于一个中文操作系统支持几种汉字输入方式，则在内部必须具备不同汉字输入码与汉字国标码的对照表，当用特定一种输入方式输入“汉字输入码”时，便可依据对照表转换成唯一的汉字国标码。

(2) 汉字交换码。汉字交换码是用于汉字信息处理系统之间或通信系统之间进行信息交换的汉字代码。为了达到系统之间或设备之间汉字信息的顺利交换，汉字交换码必须是统一的形式。我国的国标 GB2312—80《信息交换用汉字编码字符集——基本集》制定了汉字交换码的标准。该标准规定了信息交换用的 6763 个汉字和 682 个非汉字图形字符编码。根据汉字使用频率的高低、构词能力的强弱、实际用途的大小划分为两级汉字，一级汉字 3755 个，二级汉字 3008 个。其使用覆盖率可达 99.99%以上，能够满足绝大部分用户的使用要求。按国标 GB2312—80 编码的汉字交换码又称国标码，国标码字符集中的任何一个汉字或图形符号都用两个 7 位的二进制数表示，在计算机中用两个字节表示，每个字节的最高位为 0，剩余 7 位为 GB2312—80 二进制编码。国标码格式如图 1.7 所示。

b <sub>7</sub>	b <sub>6</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>0</sub>	b <sub>7</sub>	b <sub>6</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>0</sub>
0	×	×	×	×	×	×	×	0	×	×	×	×	×	×	×

图 1.7 国标码格式

在国标码中，一级汉字按汉语拼音字母顺序排列，同音汉字按笔画顺序排列；二级汉字按部首顺序排列。

(3) 汉字机内码。汉字机内码是供计算机系统内部进行汉字存储、加工处理、传输统一使用的代码，也称汉字内码。正是由于机内码的存在，输入汉字时就允许用户根据自己的习惯使用不同的汉字输入码，汉字进入系统后再统一转换成机内码存储。不同系统使用不同的汉字机内码，目前国内采用的机内码大约有 30 多种，应用较广的一种为两字节机内码，俗称变形国标码，其格式如图 1.8 所示。

1	×	×	×	×	×	×	×	1	×	×	×	×	×	×	×
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

图 1.8 两字节机内码格式

这种格式的机内码是将国标 GB2312 交换码的两个字节的最高位分别置 1 得到的。其最大优点是机内码表示简单，和交换码之间有明显的对应关系，即：机内码=国标码+8080H，同时解决了中西文机内码存在二义性的问题。

(4) 汉字字形码。汉字字形码是指汉字字库中存储的汉字字形的数字化信息码，它主要用于汉字输出(打印、显示等)时产生的汉字字形。有两种显示字形的方法：矢量字符和点阵字符。一个汉字系统所允许使用的全部汉字的汉字字形编码称为“汉字库”，存放于系统的汉字字形库的存储器中。在通用汉字系统中，广泛以点阵的方式形成汉字，这时的汉字字形码是汉字点阵字形的代码，以点阵形式组成的汉字字形码，由于点阵规格的不同，又分为 16×16、

24×24、32×32、48×48，甚至更多点阵的汉字库。对于 16×16 的点阵字形，字形码为 32 个字节 (16×16÷8=32) 每个汉字占 32B，那么 16×16 点阵汉字字库 (包括一、二级汉字 6763 个) 共占 230KB 左右。

(5) 汉字地址码。汉字地址码是指汉字字形码在汉字字库中存放位置的代码，即字形信息的地址。需要向输出设备输出汉字时，必须通过地址码，才能在汉字库中取到所需的字形码，最终在输出设备上形成可见的汉字字形。由于汉字字形信息都是按一定顺序 (一般按汉字交换码的排列顺序) 连续存放在存储器中，所以，汉字地址码一般是连续有序的，并且与汉字机内码间有着简单的换算关系，容易实现两者之间的转换。

### 1.4 逻辑代数与逻辑电路基础

计算机之所以具有逻辑处理能力，是由于计算机中使用了实现各种逻辑功能的电路，这些逻辑电路都是由能够实现“与”、“或”、“非”等逻辑运算的基本电路 (门电路) 组成的。逻辑代数是进行逻辑电路设计的数学基础。下面简单地介绍逻辑代数、逻辑电路和逻辑设计的基本知识。

#### 1.4.1 逻辑代数

逻辑代数是 1847 英国数学家乔治·布尔 (George Boole) 首先创立的，所以有时又叫布尔代数。逻辑代数与普通代数有本质的区别，逻辑代数表示的不是数量大小之间的关系，而是逻辑关系，逻辑代数中的 0 和 1，不是数量的 0 和 1，它只代表所要研究问题的两种可能性或两种稳定的物理状态。它是分析和设计逻辑电路的基本数学工具。

##### 1. 逻辑变量和逻辑函数

逻辑电路具有输入和输出间的逻辑关系，为了对输入和输出间的逻辑关系进行数学表达和演算，所以提出了逻辑变量和逻辑函数两个术语。

一个逻辑电路如图 1.9 所示，A，B 为输入，F 为输出，输入和输出之间的逻辑关系可表示为  $F = f(A, B)$ 。这种具有逻辑属性的变量称作逻辑变量。A，B 称作逻辑自变量。F 是逻辑因变量。当 A，B 的逻辑取值确定后，则 F 的逻辑值也就唯一地被确定下来，称 F 是 A，B 的逻辑函数。所以输出量又称逻辑函数。 $F = f(A, B)$  称为逻辑函数表达式。逻辑变量和逻辑函数的逻辑取值，只取两个值 0 和 1，通常称为逻辑 0 和逻辑 1。逻辑 0 和逻辑 1 表示两种对立的状态，表示信号的无或有、电平的低或高、电路截止或导通、开关的断开或接通、一件事情的是或非、真或假等。

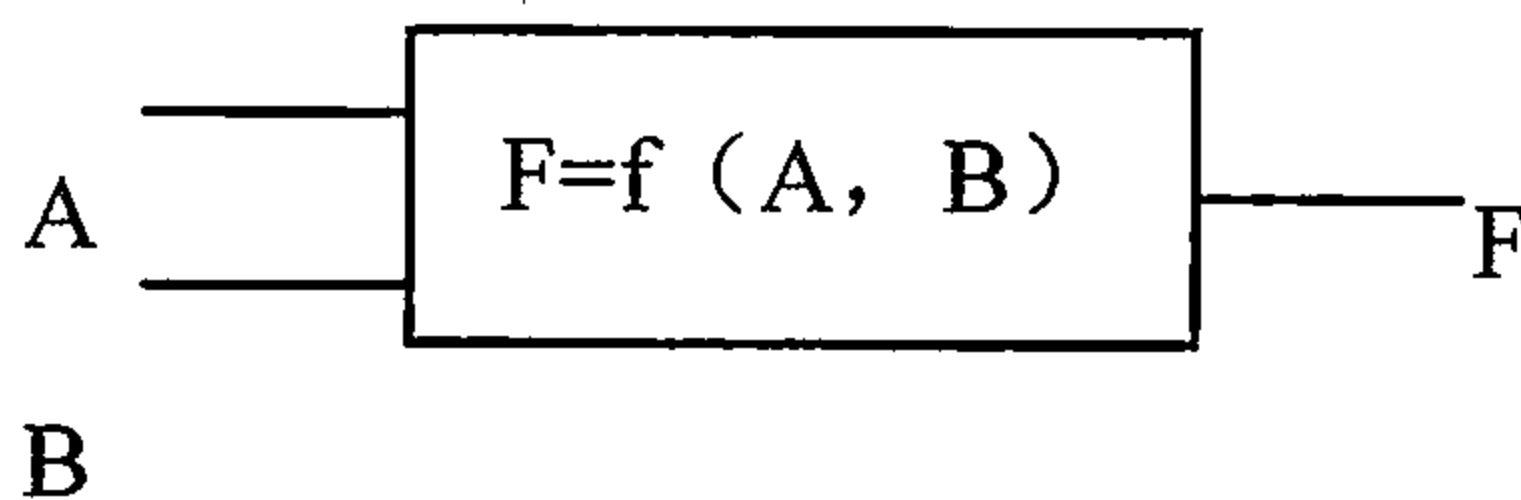


图 1.9 逻辑电路

##### 2. 逻辑运算

和普通代数要研究各个变量之间的运算关系相似，在逻辑代数中要研究逻辑变量之间的运算关系。逻辑变量之间的运算，称为逻辑运算。它包括 3 种基本运算：逻辑与、逻辑或和逻辑非。



辑非。通过这 3 种基本运算，可推导出其他逻辑运算，如异或运算等。

（1）逻辑与运算。逻辑与又称为逻辑乘，通常用 “ $\cdot$ ” 表示。它的运算规则为：

- $0 \cdot 0 = 0$     读成 0 与 0 等于 0
- $0 \cdot 1 = 0$     读成 0 与 1 等于 0
- $1 \cdot 0 = 0$     读成 1 与 0 等于 0
- $1 \cdot 1 = 1$     读成 1 与 1 等于 1

即：与运算表示，只有参加运算的逻辑变量都同时取值为 1 时，其与运算结果才等于 1。

现在举例说明与运算的物理意义。如某学校用电，只有当学校电源总闸和教学楼分闸同时接通时，教室里才有电。为了书写方便，逻辑与运算符往往可以略去不写（在不致混淆的情况下）即  $A \cdot B = AB$ 。

（2）逻辑或运算。逻辑或又称逻辑加，通常用符号 “ $+$ ” 来表示，它的运算规则为：

- $0 + 0 = 0$         读成 0 或 0 等于 0
- $0 + 1 = 1$         读成 0 或 1 等于 1
- $1 + 0 = 1$         读成 1 或 0 等于 1
- $1 + 1 = 1$         读成 1 或 1 等于 1

可见，在给定的逻辑量中，只要有一个为 1，逻辑或的结果就为 1。

逻辑或的这种作用在日常生活中经常可以碰到。例如，房间里有一盏电灯，为了方便，装了两个开关，这两个开关并联，显然，任何一个开关接通或两个开关同时接通电灯都会亮。

**注意：**逻辑加与算术加法的运算规律不完全相同。要特别注意， $1 + 1 = 1$ 。

（3）逻辑非运算。逻辑非运算在普通代数中是没有的。在逻辑量上方加横线，“ $\neg$ ” 表示非。其运算规则为：

- $\overline{0} = 1$     读成非 0 等于 1
- $\overline{1} = 0$     读成非 1 等于 0

因为不是 0，则唯一的可能性就是 1，反之亦然。例如，室内的电灯，不是亮，就是灭，只有这两种可能。

（4）异或运算。异或运算通常用符号 “ $\oplus$ ” 表示，它的运算规则为：

- $0 \oplus 0 = 0$     读成 0 同 0 异或，结果为 0
- $0 \oplus 1 = 1$     读成 0 同 1 异或，结果为 1
- $1 \oplus 0 = 1$     读成 1 同 0 异或，结果为 1
- $1 \oplus 1 = 0$     读成 1 同 1 异或，结果为 0

可见，在给定的两个逻辑量中，只要两个逻辑量的值相同，异或运算的结果就为 0；只有相异时，结果才为 1。

应当注意，当两个多位的逻辑量进行逻辑运算时，只在对应位之间按上述规律进行逻辑运算，不同位之间没有任何关系，当然，也就不存在算术运算中的进位或借位问题。

例如：

11011000

+ 01011110

11011110

## 3. 逻辑代数的基本定律

零律:  $A \cdot 0 = 0$ 幺律:  $A + 1 = 1$ 自等律:  $A \cdot 1 = A$        $A + 0 = A$ 重叠律:  $A \cdot A = A$        $A + A = A$ 互补律:  $A \cdot \bar{A} = 0$        $A + \bar{A} = 1$ 交换律:  $A \cdot B = B \cdot A$        $A + B = B + A$ 结合律:  $A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$        $A + (B + C) = (A + B) + C$ 分配律:  $A(B + C) = AB + AC$        $A + B \cdot C = (A + B)(A + C)$ 吸收律:  $A(A + B) = A$        $A + AB = A$ 狄—摩根定律:  $\overline{AB} = \bar{A} + \bar{B}$        $\overline{A+B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$ 双重否定律:  $A = \overline{\bar{A}}$ 

## 4. 逻辑函数化简

在计算机硬件电路的设计中, 可以将逻辑功能表示成为逻辑函数的形式, 并借助于逻辑代数的基本定律对逻辑函数进行化简, 从而得到更简单、更合理的电路组合方式。

【例 1.22】试将逻辑函数  $F = A\bar{B} + A\bar{B}CD(E+F)$  化简。

$$\begin{aligned} F &= A\bar{B} + A\bar{B}CD(E+F) \\ &= A\bar{B}[1 + CD(E+F)] \\ &= A\bar{B} \end{aligned}$$

【例 1.23】试将逻辑函数  $F = A\bar{B} + B\bar{C} + \bar{B}C + \bar{A}B$  化简。

$$\begin{aligned} F &= A\bar{B} + B\bar{C} + \bar{B}C + \bar{A}B \\ &= A\bar{B}(C + \bar{C}) + B\bar{C}(A + \bar{A}) + \bar{B}C + \bar{A}B \\ &= A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + B\bar{C}A + \bar{A}B\bar{C} + \bar{B}C + \bar{A}B \\ &= \bar{B}C(A + 1) + A\bar{C}(\bar{B} + B) + \bar{A}B(\bar{C} + 1) \\ &= \bar{B}C + A\bar{C} + \bar{A}B \end{aligned}$$

## 1.4.2 逻辑电路和逻辑设计基础

## 1. 逻辑电路基础

能实现逻辑运算的电路称为逻辑门电路 (简称门电路), 常用的门电路有“与”门、“或”门、“非”门、“与非”门、“或非”门、“异或”门等。基本门电路可以按逻辑设计组合成计算机硬件的基本功能电路, 如: 触发器、寄存器、计数器、译码器、半加器、全加器等。

在逻辑电路中, 逻辑 0 和逻辑 1 是用电平的高和低来表示的, 如果用高电平表示逻辑 1 而用低电平表示逻辑 0, 则称之为正逻辑, 反之, 如果用低电平表示逻辑 1 而用高电平表示逻辑 0, 则称之为负逻辑, 这里规定采用正逻辑。

(1) “与”门。实现“与”运算的单元电路叫“与”门。“与”门有两个 (或更多个) 输入端和一个输出端, 以两个输入端的“与”门为例, “与”门的逻辑符号如图 1.10 所示。其逻辑函数表达式为:  $F = AB$ 。仅当所有输入端为“1” (高电平) 时, 输出端为“1”; 其他输入情况时输出端均为“0” (低电平)。例如  $A=1$ ,  $B=0$ , 则  $F = AB = 1 \cdot 0 = 0$ 。

(2) “或”门。实现“或”运算的单元电路叫“或”门。它也有两个 (或更多个) 输入

端和一个输出端,两个输入端“或”门的逻辑符号如图 1.11 所示,其逻辑函数表达式为:  $F = A + B$ 。当任何一个输入端为“1”时,输出端为“1”,仅当所有输入端均为“0”时,输出端才为“0”。例如  $A=0, B=0$ , 则  $F=A+B=0+0=0$ 。

(3) “非”门。实现“非”运算的单元电路叫“非”门,或叫反相器。它只有一个输入端和一个输出端,当输入端为“1”时,输出端为“0”,当输入端为“0”时,输出端为“1”。

“非”门的逻辑符号如图 1.12 所示。其逻辑函数表达式为:  $F = \bar{A}$ 。例如  $A=1$ , 则  $F = \bar{A} = 0$ 。

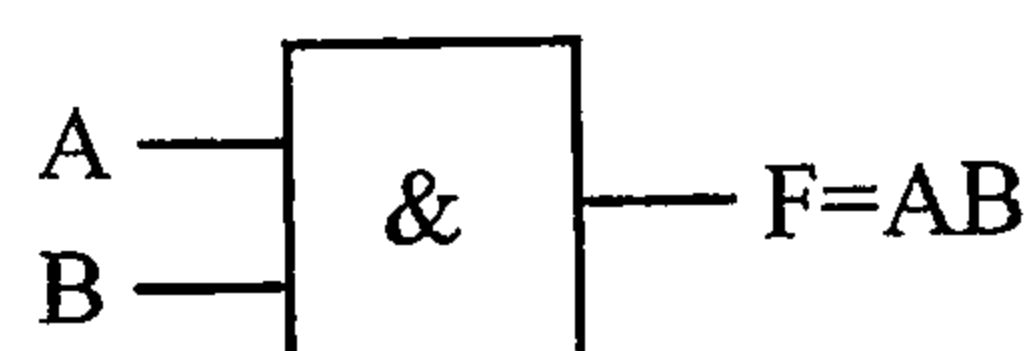


图 1.10 两个输入端“与”门

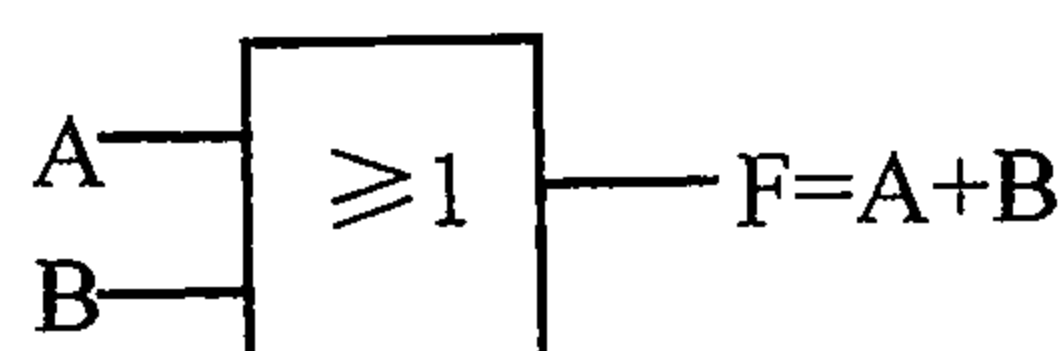


图 1.11 两个输入端“或”门

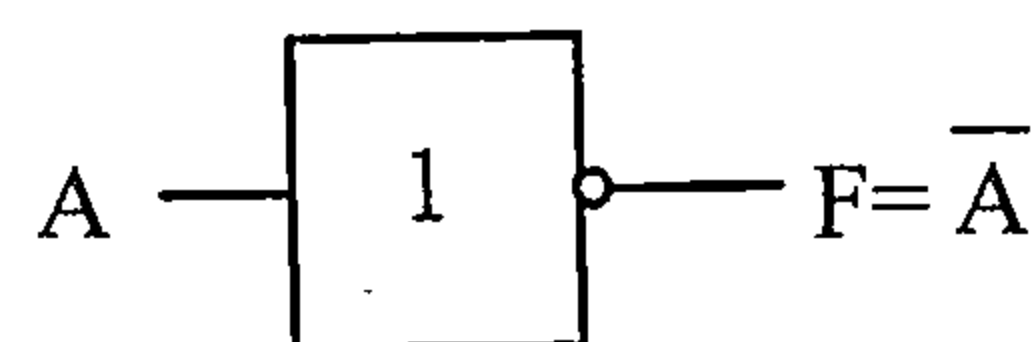
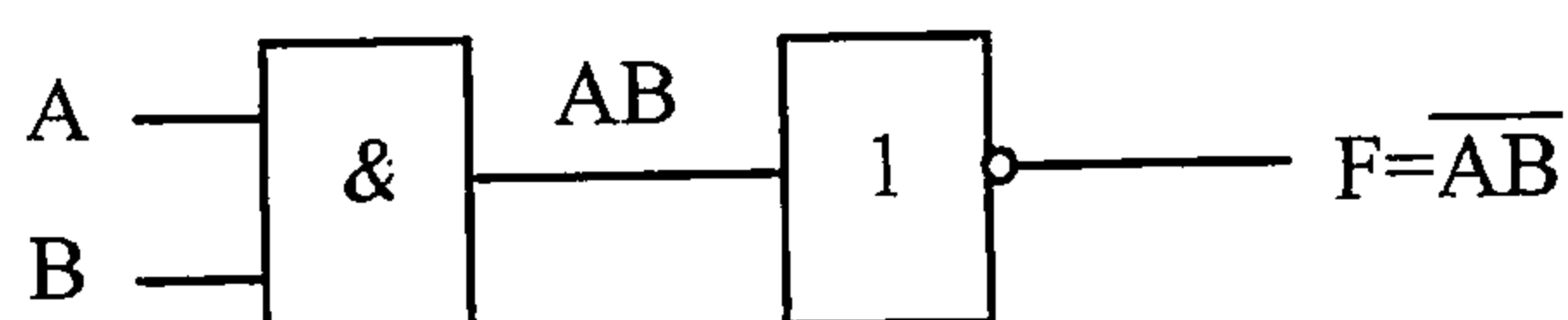
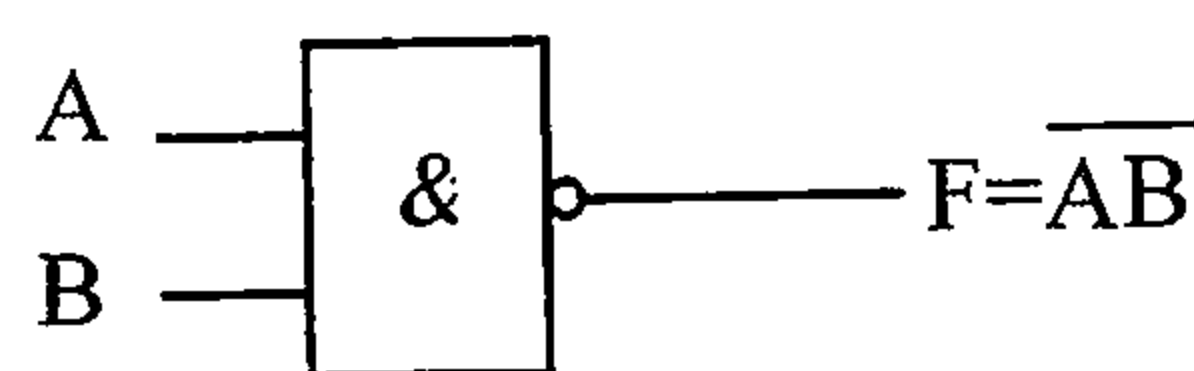


图 1.12 “非”门

(4) “与非”门。“与非”门是由“与”门和“非”门两个单元电路组合而成的逻辑电路,用以实现“与非”运算,具有两个输入端的“与非”门的逻辑函数表达式为:  $F = \overline{AB}$ , 其逻辑结构和逻辑符号如图 1.13 所示。对于给定的输入 A 和 B, 该电路先完成 A, B 的“与”运算, 得到 AB, 然后再完成“非”运算, 得到输出  $F = \overline{AB}$ 。例如, 若  $A=1, B=0$ , 则  $F = \overline{AB} = \overline{1 \cdot 0} = 1$ 。



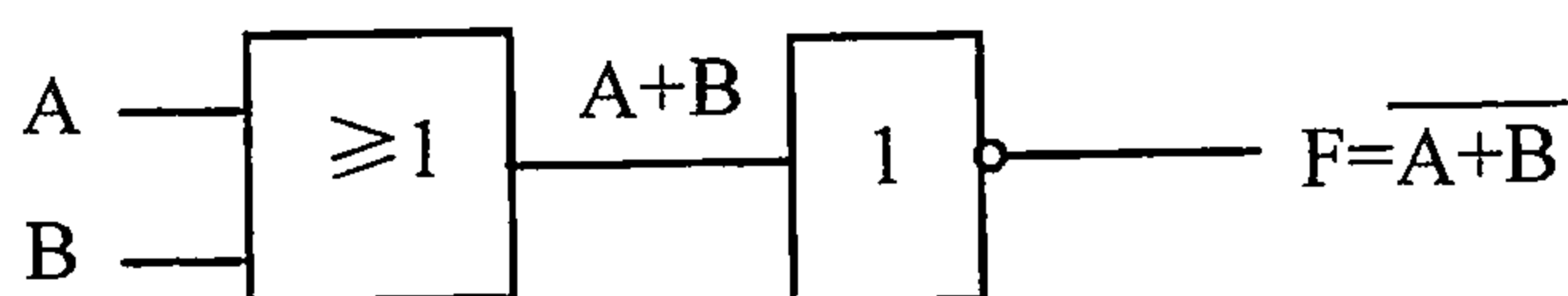
(a) 逻辑结构



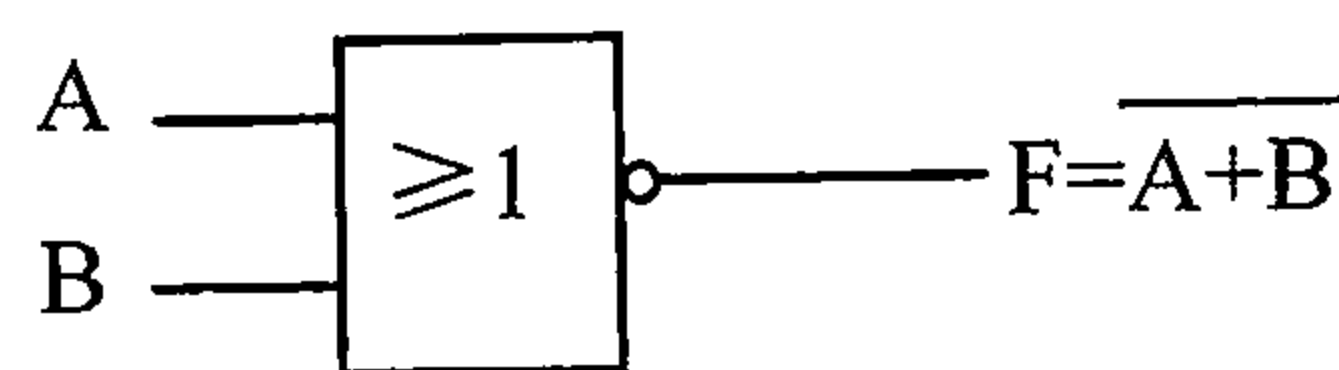
(b) 逻辑符号

图 1.13 “与非”门

(5) “或非”门。“或非”门是由“或”门和“非”门两个单元门电路组合而成,用以实现“或非”运算。具有两个输入端的“或非”门逻辑表达式为:  $F = \overline{A + B}$ , 其逻辑结构和逻辑符号如图 1.14 所示。对于给定的输入 A 和 B, 该电路先完成 A, B 的或运算, 得到  $A+B$ , 然后再完成“非”运算, 得到输出  $F = \overline{A + B}$ 。例如: 若  $A=1, B=0$ , 则  $F = \overline{A + B} = \overline{1 + 0} = 0$ 。



(a) 逻辑结构



(b) 逻辑符号

图 1.14 “或非”门

(6) “异或”门。“异或”门是由“非”门、“与”门和“或”门逻辑组合而成的逻辑电路。用以实现“异或”运算。具有两个输入端的“异或”门由两个“非”门,两个“与”门和一个“或”门组合而成。其逻辑函数表达式为:  $F = A \oplus B = A\bar{B} + \bar{A}B$ , 异或门的逻辑结构和逻辑符号如图 1.15 所示。

对于给定的输入 A 和 B, 可以得出  $F = A \oplus B$ 。例如: 若  $A=1, B=0$ , 则  $F = A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B} = \bar{1} \cdot 0 + 1 \cdot \bar{0} = 1$ 。

## 2. 逻辑组合电路的分析与设计

逻辑组合电路的分析是指找出组合电路逻辑功能的过程, 而设计则是指按照给定的具体逻辑问题, 求出简单的逻辑电路的过程。



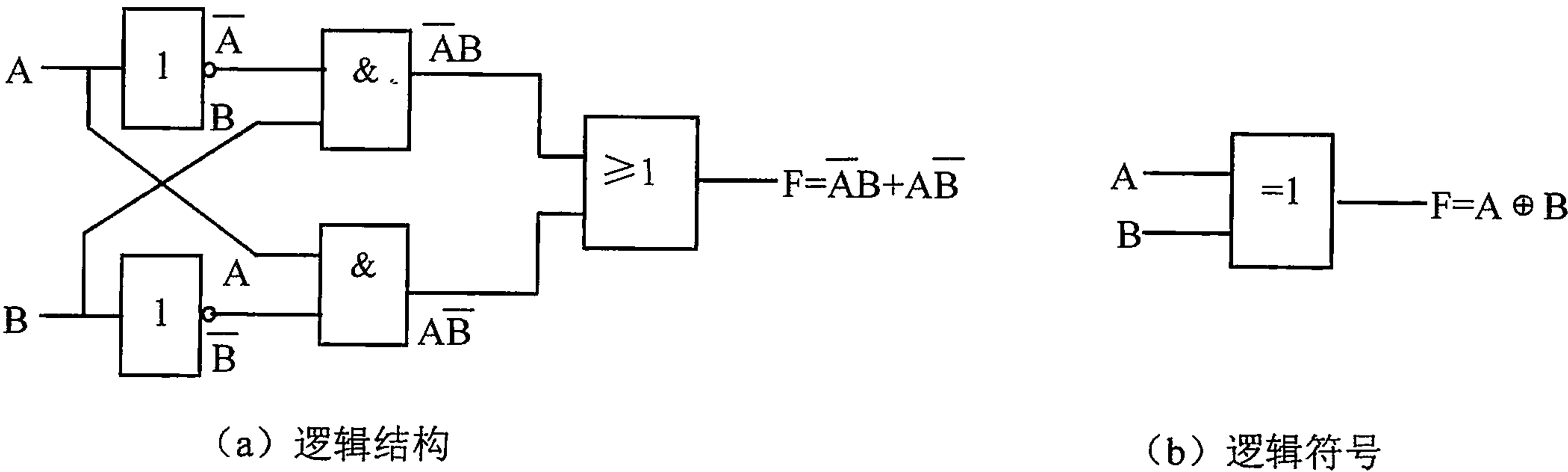


图 1.15 “异或” 门

(1) 逻辑电路分析方法。分析逻辑组合电路的目的是找出其逻辑功能，既然逻辑组合电路的输出为一逻辑函数，那么用真值表来表示电路功能就最为直观了。由小规模集成电路构成的组合电路的分析，通常先根据给定的逻辑电路，由输入到输出逐级写出逻辑函数表达式，然后对其进行化简，进而得到最简便的逻辑表达式，有时也用真值表来直观地表示电路的逻辑功能。

【例 1.24】试分析图 1.16 所示电路的逻辑功能，要求写出逻辑表达式，列出真值表。

解：由图 1.16 写出逻辑表达式：

$$F_0 = \overline{A_1} \overline{A_0}$$
$$F_1 = \overline{A_1} A_0$$
$$F_2 = A_1 \overline{A_0}$$
$$F_3 = A_1 A_0$$

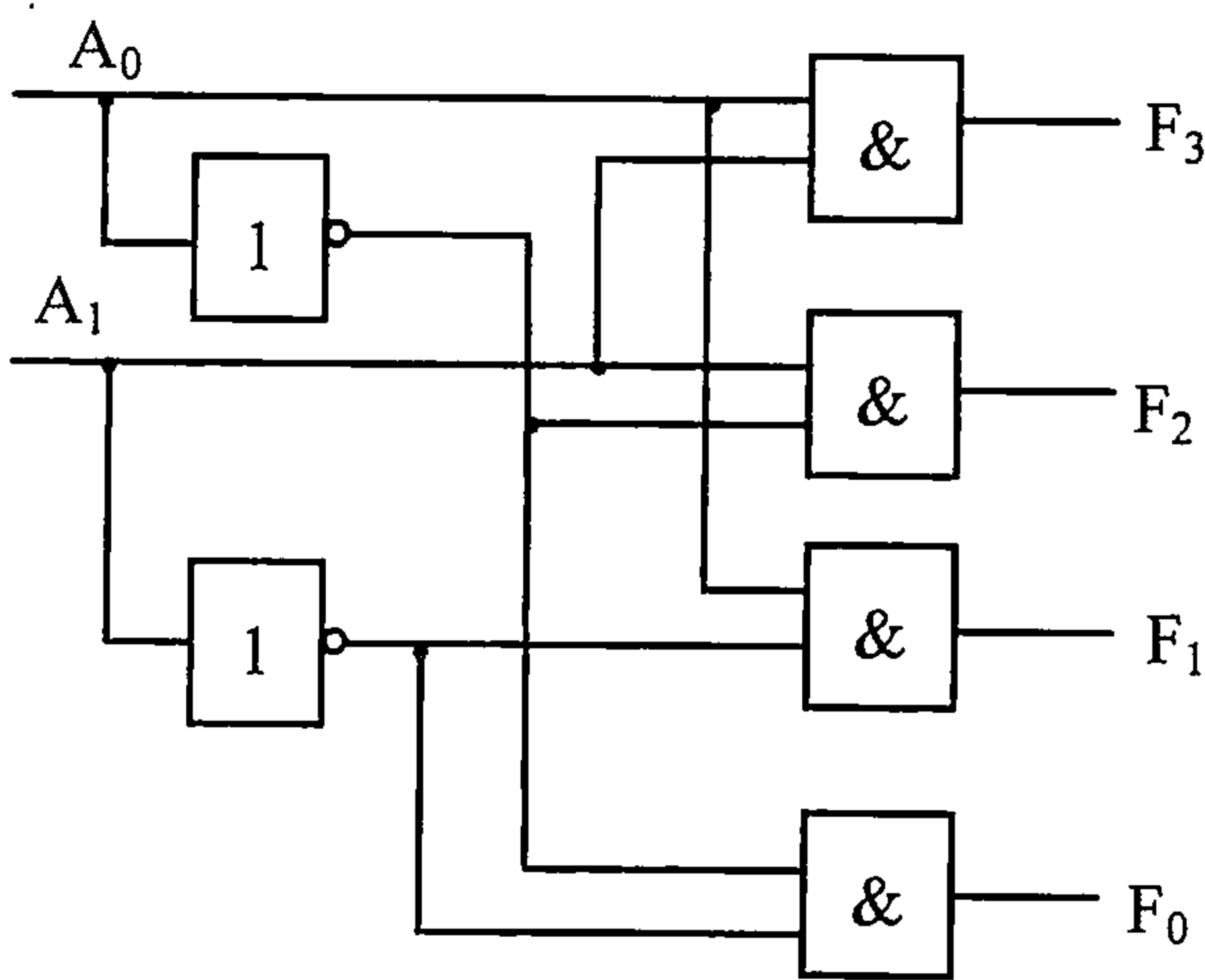


图 1.16

再根据表达式列出其真值表如表 1.7 所示。

表 1.7 真值表

$A_1$	$A_0$	$F_0$	$F_1$	$F_2$	$F_3$
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

由表 1.7 看出， $A_1A_0=00$  时  $F_0=1$ ，其他输出均为 0； $A_1A_0=01$  时  $F_1=1$  其余输出均为 0； $A_1A_0=10$  时  $F_2=1$ ，其他输出均为 0； $A_1A_0=11$  时  $F_3=1$ ，其他输出均为 0。这种只有一个输出为

1 其余输出为 0 的情况，说明输出有效电平为高电平。观察输出状态便知道输入代码值。此种功能称为译码功能。

(2) 逻辑设计方法与步骤。逻辑组合电路的设计是要按照给定的逻辑问题，设计出能实现其逻辑功能的电路。

逻辑组合电路设计的步骤如下：

1) 描述逻辑电路应具备的逻辑功能。

2) 构造真值表：构造能够实现逻辑电路的逻辑功能的真值表。要列真值表首先得对事件的因果关系进行分析，把事件的起因定为输入变量，把事件的结果作为输出逻辑函数；其次要对逻辑变量赋予输入量各种组合值，用逻辑 0 和 1 分别表示两种不同状态；再根据给定事件的因果关系给出逻辑函数的值。

3) 写逻辑函数表达式：即根据真值表写出相应的逻辑函数表达式并进行化简。

4) 根据简化的逻辑函数表达式画逻辑图。

【例 1.25】根据逻辑电路设计步骤，给出计算机中半加器逻辑电路的设计过程。半加器是实现两个一位二进制数加法的逻辑电路，该电路将两个二进制数相加，产生和以及向高位的进位，但不考虑从低位来的进位。

解：半加器设计过程如下：

(1) 描述半加器的逻辑功能：输入  $A_i$  和  $B_i$  为一位二进制数，输出和  $S_i$  以及进位  $C_i$ 。

即：

$$\begin{array}{r} A_i \\ + B_i \\ \hline C_i S_i \end{array}$$

(2) 画出真值表：根据半加器的逻辑功能，可构造真值表如表 1.8 所示。

表 1.8 真值表

$A_i$	$B_i$	$S_i$	$C_i$
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

(3) 写出逻辑函数表达式：

$$S_i = \overline{A_i} B_i + A_i \overline{B_i} \qquad C_i = A_i B_i$$

(4) 根据逻辑函数表达式画出逻辑电路图，如图 1.17 所示。

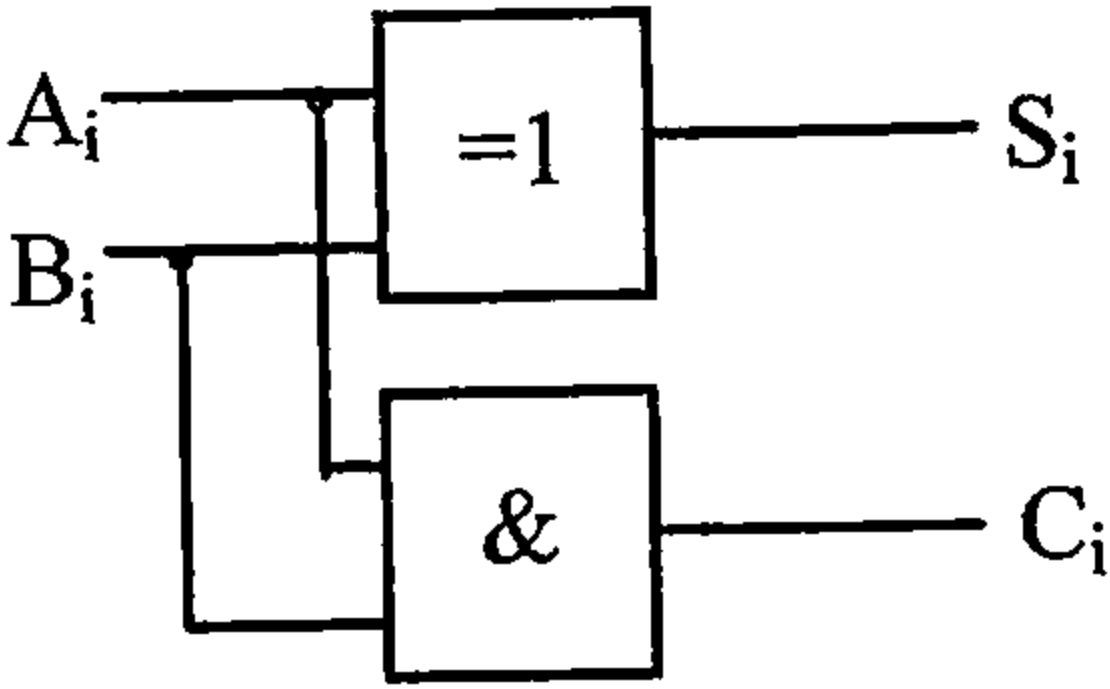


图 1.17

## 1.5 计算机的基本结构和工作原理

计算机是一种按着程序自动、高速地进行信息处理的系统，它由硬件和软件两大部分组成。计算机硬件的基本功能是接受计算机程序的控制来实现数据输入、运算、数据输出等一系列基本操作。硬件是基础，软件是灵魂，这两者相互依存，密不可分。这一节主要介绍通用计算机硬件的基本结构和工作原理。

### 1.5.1 计算机硬件的基本结构

计算机硬件是计算机系统的重要组成部分，它是由电子的、磁性的、机械的器件按一定结构组成的设备，是计算机的物质基础。各种类型的计算机硬件虽然有不同的实现形式，但都有其相同的基本结构和特点。自从 1946 年诞生了世界上第一台电子数字计算机以来，随着电子技术的飞速发展，计算机的体系结构不断地改进完善，其性能成倍地提高。虽然现在的计算机系统从性能指标、运算速度、工作方式、应用领域和价格等方面都有了长足的发展，但其基本结构仍一直沿袭冯·诺依曼传统的框架。与 ENIAC 的同时，美国数学家冯·诺依曼研制了 EDVAC 计算机，他提出了计算机应由 5 个基本部分组成，即：运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备，并描述了这 5 大部分的功能及相互关系，还提出了“采用二进制”和“存储程序”两个重要基本思想。“采用二进制”就是计算机中的数据和指令均以二进制形式存储和处理；“存储程序”就是将程序事先存入存储器中，使计算机在工作时能自动地从存储器中读取指令、分析后执行。目前大多数计算机都采用冯·诺依曼体系结构，都属于冯·诺依曼型计算机，其基本结构如图 1.18 所示。

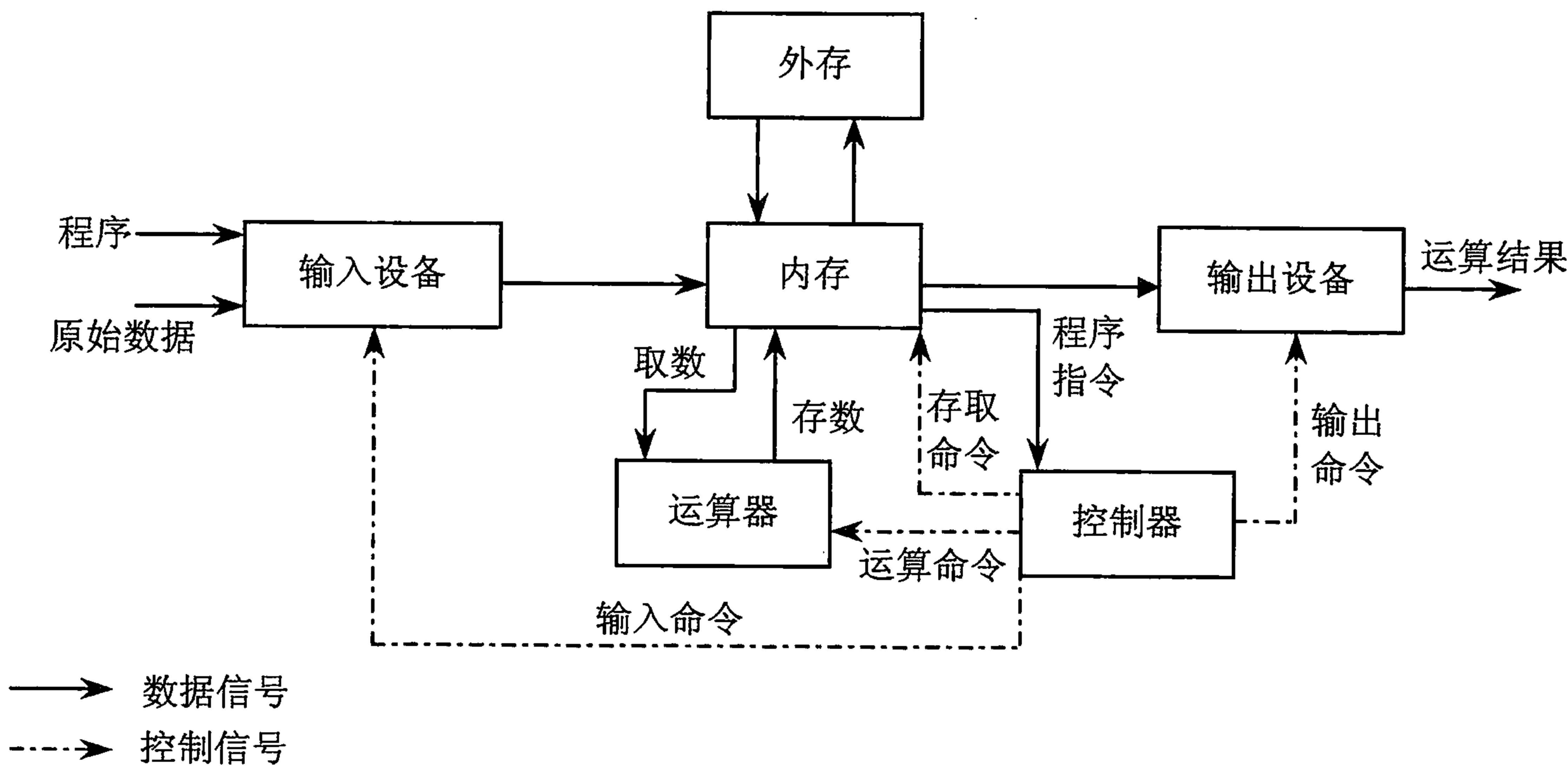


图 1.18 计算机硬件基本结构示意图

#### 1. 运算器

运算器（Arithmetic Unit）是计算机对数据进行加工处理的部件，由各种逻辑电路组成，运算器主要包括算术逻辑单元（ALU）和寄存器。运算器的主要功能是在控制器的控制下执行程序中的指令，完成各种算术运算和逻辑运算，实现逻辑判断。

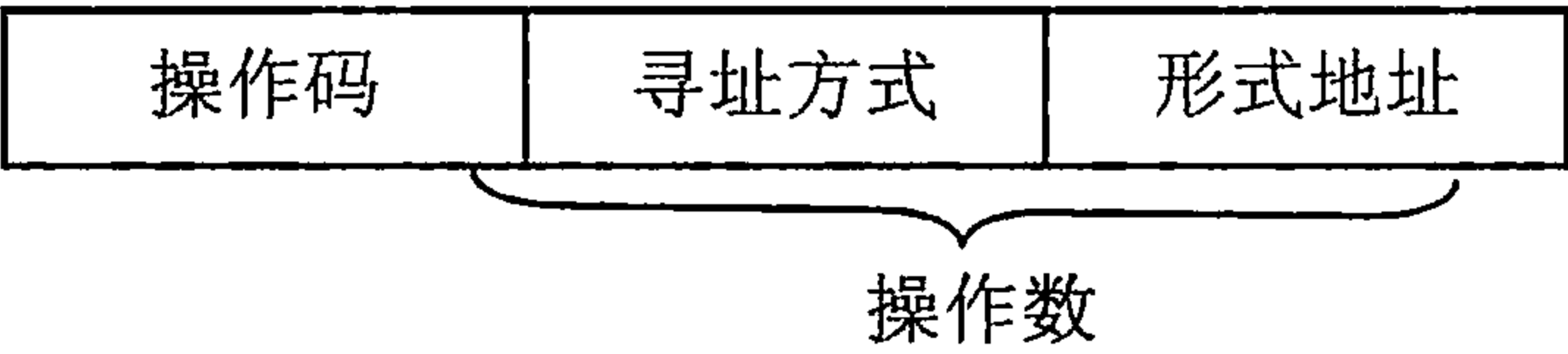


运算器中的 ALU 主要完成加、减、乘、除等四则运算以及与、或、非、移位等逻辑运算，寄存器用来暂存参加运算的操作数或运算结果。

运算器的主要技术指标是运算速度，其单位是 MIPS（每秒百万条指令）。

2. 控制器

控制器（Control Unit）的作用是指挥整个计算机的各个部件按照指令的功能要求有条不紊地协调工作。控制器由程序计数器（PC）、指令寄存器（IR）、指令译码器（ID）、时序电路和微操作控制电路组成，其中程序计数器用来对程序中的指令进行计数，其内容存放预执行的指令在内存储器中的存储地址，使得控制器能依次读取指令；指令寄存器在指令执行期间暂时保存正在执行的指令，指令寄存器的位数取决于指令二进制形式的位数，指令的一般格式如下：



指令译码器用来对指令的操作码进行译码，产生的译码信号识别了该指令要进行的操作，并传送给微控制部件，以便产生相应的控制信号；时序控制电路用来生成时序信号，以协调在指令执行周期内部件的工作；微操作控制电路用来产生各种控制操作命令。

控制器和运算器合在一起称为中央处理器（Central Processing Unit, CPU），它是计算机的核心。

3. 存储器

存储器是计算机的记忆和存储部件，用来存储数据和程序。根据存储器在计算机系统中所起的作用一般可分为内存储器、外存储器 and 高速缓冲存储器。

（1）内存储器（简称内存）。用来存放当前运行程序的指令和数据，目前内存由半导体存储器所组成，它直接与运算器和控制器相连接。内存具有直接与 CPU 交换信息，存取速度快，存储容量较小，价格相对外存高等特点。按存取方式内存通常又可分为随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）和只读存储器（Read Only Memory, ROM）。RAM 是一种读写存储器，通常用来存放正在执行的程序及所需的数据。RAM 存取速度快，但它只是临时存储信息，即加电记忆信息，一旦断电 RAM 中的信息立即丢失。ROM 中的信息只能读出而不能重新写入和修改，其存储的信息是在制作该存储器时用专门仪器写入的。计算机断电后，ROM 中的信息不会丢失。ROM 常用来存放一些专用固定的程序、数据和系统配置软件，如磁盘引导程序、自检程序、I/O 驱动程序等。

内存由若干存储单元组成，为了区别不同的存储单元，一般从“0”开始对存储单元进行连续编号，每个单元都有一个唯一的号码，把它称为存储单元的地址。每个存储单元能存放一个二进制数，或一条由二进制编码表示的指令，如图 1.19 所示。

每个存储单元由若干位二进制位组成，“位”（bit）是存储器的最小存储单位，一位可存储一位二进制数，8 位二进制代码（8bits）称为一个字节（Byte, B），字节是计算机中数据处理的和存储容量的基本单位。一个存储单元中存入的信息称为一个“字”，一个字所包含的二进制数的位数称为“字长”，小型机或微型机的字长一般为 16 位或 32 位，计算机的字长越长，其精确度越高。存储器所包含的存储单元的总数称为存储容量，衡量存储器容量大小的单位一般用字节（B）、千字节（KB）、兆字节（MB）等，现在微机内存容量大多在兆字节以上。规

定：1KB=1024B，1MB=1024KB，1GB=1024MB，1TB=1024GB。

单元及其内容	
地址 0	10111011
1	10001001
2	00110110
3	01110111
4	...
n	10011100

图 1.19 内存

(2) 外存储器（简称外存）。内存由于技术及价格等原因，容量有限，不可能容纳所有的系统软件及各种用户程序，因此，计算机系统都要配置外存。外存又称为辅助存储器，它是内存的扩充，具有存储容量大、价格低、存取速度较慢，不能与 CPU 直接交换信息等特点，一般用来存放需要长期保存、暂时不用的程序、数据和结果，需要时可成批地和内存进行信息交换。目前常用的外存有磁盘（软盘、硬盘）、光盘、U 盘、磁带等。外存容量一般用 KB、MB、GB、TB 来表示。

(3) 高速缓冲存储器（Cache）。由于 CPU 的信息处理速度常常超过其他部件的信息传递速度，所以使用一般的 RAM 来作为信息存储器常常使 CPU 处于等待状态，造成资源的浪费。Cache 就是为解决问题而诞生的。Cache 与 CPU 之间交换数据的速度高于 RAM，所以被称作“高速缓冲存储器”，简称为“高速缓存”。在操作系统启动以后，CPU 就把 RAM 中经常被调用的一些系统信息暂时储存在 Cache 里面，以后当 CPU 需要调用这些信息时，首先到 Cache 里去找，如果找到了，就直接从 Cache 里读取，这样利用 Cache 的高速性能就可以节省很多时间。大多数 CPU 在自身中集成了一定量的 Cache，一般被称作“一级缓存”。这部分存储器与 CPU 的信息交换速度是最快的，但容量较小。大多数主板上也集成了 Cache，一般被称作“二级缓存”，比一级 Cache 容量大些，一般可达到 256K，目前有的主板已经使用了 512K~2M 的高速缓存。在最新的 Pentium CPU 内部，已经集成了一级缓存和二级缓存，那时主板上的 Cache 就只能叫作“三级缓存”了。

(4) 存储体系。在计算机系统中，为了满足对存取速度和存储容量的需求，存储器的设计已形成层次结构，即三级存储体系，以便达到权衡容量大小、速度快慢、价格高低三者之间的关系的目。三级存储体系的层次结构如图 1.20 所示。图中从上至下，存在以下情况：

- ① 价格降低
- ② 容量增大
- ③ 存取速度减慢

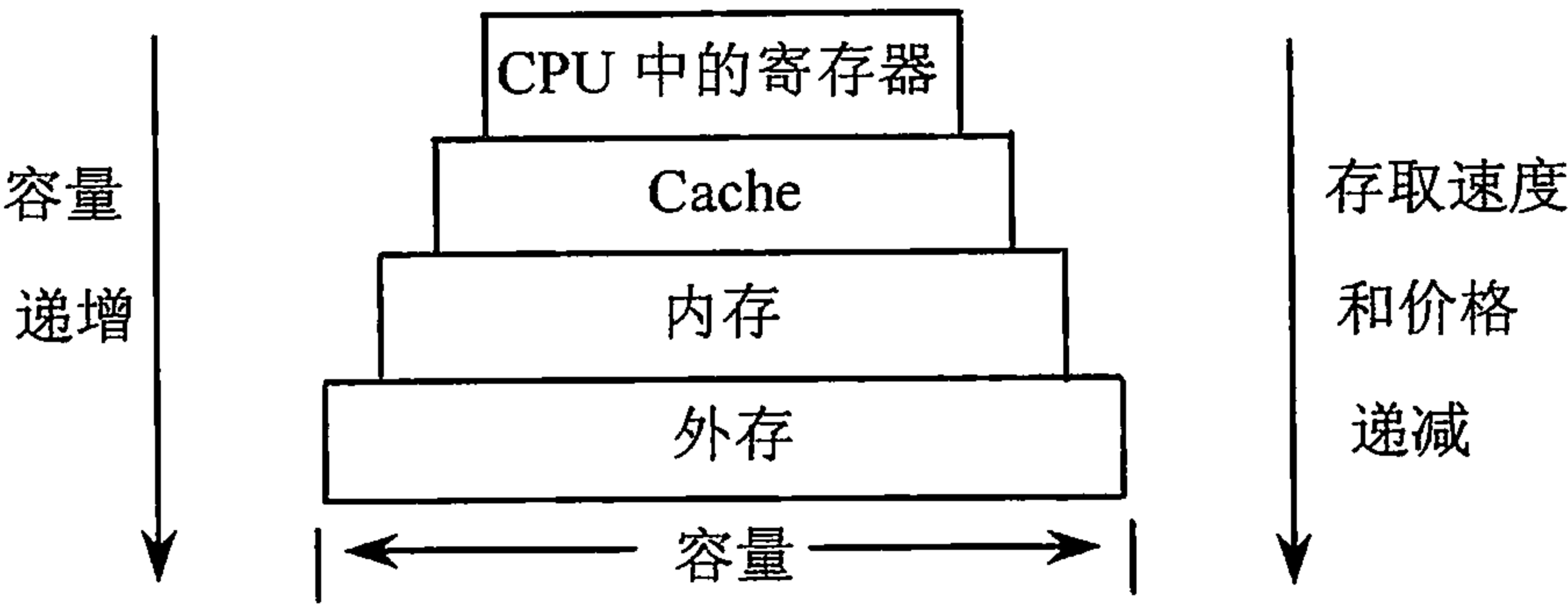


图 1.20 三级存储体系层次结构图

在微型计算机系统中，存储体系的层次结构主要表现在缓存—内存和内存—外存这两个存储层次上，如图 1.21 所示。

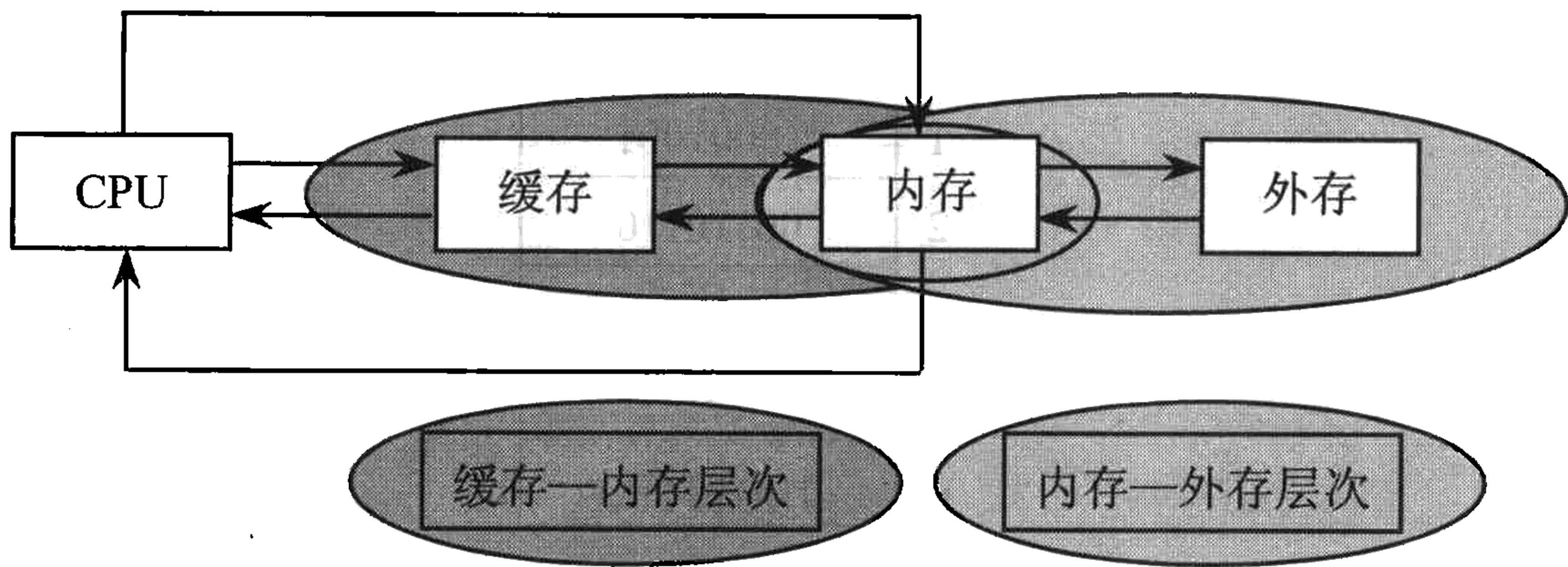


图 1.21 缓存—内存层次和内存—外存层次

CPU 能直接访问高速缓冲存储器和内存，不能直接访问外存，外存信息必须调入内存后才能被 CPU 处理。

从 CPU 角度看，缓存—内存这一层次的速度接近于缓存，高于内存，其容量和位价格却接近于内存。这就解决了速度和成本的矛盾。内存—外存这一层次从整体上看，其速度接近于内存，容量接近于外存，平均价位也接近于外存，这又解决了速度、容量和成本这三者的矛盾。

总之，在三级存储体系中，各级存储器承担的职责各不相同。其中 Cache 主要强调快速存取，以便使存取速度与 CPU 的处理速度相匹配，外存主要强调大的存储容量，以满足计算机的大容量存储要求，内存介于 Cache 与外存之间，需选取适当的存储容量和存储周期，使它能容纳系统的核心软件和多个用户程序。

4. 输入/输出设备

输入/输出设备简称 I/O 设备，它是外部与计算机交换信息的渠道，用户通过输入设备将程序、数据、操作命令等输入计算机，输出设备将计算机处理的结果显示或打印出来。常用的输入设备有键盘、鼠标器、扫描仪、光笔、数字化仪和语音输入装置等。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪和声音播放装置等。

1.5.2 计算机的工作原理

计算机是一种能存储程序和数据，并能自动对各种数字化信息进行处理机器。计算机之所以能自动进行信息处理，是因为它能将程序及数据存储在内存中，并能自动执行程序，称之为存储程序原理。要使计算机能自动工作，必须根据要解决的问题编好程序，并将程序转换成由机器语言指令组成的形式存入内存中，然后以存储程序的首地址启动机器执行第一条指令。以后，计算机便开始自动地执行取指令、分析指令、执行指令所规定的操作，周而复始，直到将该程序执行完毕。

下面以计算  $3+5=8$  为例具体说明计算机工作原理和过程。要想让计算机计算  $3+5$ ，首先编写好计算程序，假设用 8086/8088 指令系统编写此程序，程序如表 1.9 所示。

变量 X、Y、SUM 的存储情况如表 1.10 所示。



表 1.9 计算 X+Y 的程序

指令序号	助记符形式指令	汇编后的形式		指令功能说明
		指令存储的地址	指令的机器码形式	
1	MOV AL, X	1FD5: 0105	A00000	将 X 单元 (0100 号) 中的内容传送到 AL 寄存器中
2	ADD AL, Y	1FD5: 0108	02060100	把 Y 单元 (0101 号) 中的内容加到 AL 寄存器中
3	MOV SUM, AL	1FD5: 010C	A20200	把 AL 寄存器中的和传送到 SUM 单元 (0102 号) 中
4	HLT	1FD5: 010F	F4	停机

表 1.10 变量 X、Y、SUM 的存储情况

变量名	分配的地址		存储的内容	
	逻辑地址	物理地址	执行前	执行后
X	1FC4: 0100	1FD40	3	3
Y	1FC4: 0101	1 FD41	5	5
SUM	1FC4: 0102	1 FD42	无	8

系统把这 4 条指令组成的程序段存放到存储器代码段内 0105H~010FH 的存储单元中。当把首地址 0105H 置入程序计数器 IP 中 (8086/8088 的程序计数器或指令指针寄存器为 IP)，便可启动计算机执行该程序。下面介绍其工作过程。

1. 取第一条指令并执行

(1)取指令并分析指令。在取指令机器周期内，从首地址 0105H 中取出第一条指令“MOV AL, X”的机器码送入指令寄存器 IR 中，该指令的操作码部分经指令译码器 (ID) 分析产生传送操作的信号，“告诉”微操作控制部件本指令将要执行传送操作。与此同时，指令寄存器中的寻址方式和形式地址部分经地址形成器，计算出源操作数的物理地址 (1FD40H)，从寻址方式可知目标操作数是内部寄存器 AL。在取指令机器周期内还要为取下一条指令准备好新的地址，即更新指令指针寄存器 (IP) 的内容，使 IP=0108H。

(2) 执行指令。微操作控制部件接收到来自指令译码器 (ID) 的译码信号“取数和传递”，则转入执行“存储器读机器周期”。在该机器周期内将完成从地址为 1FD40H 的单元中取出 X 的值是 3，并送入寄存器 AL 中，此时 AL=3。第一条指令执行完毕，微操作控制部件转入执行“取指令机器周期”。由于指令指针已经更新 IP=0108H，故转入执行第二条指令。

2. 取第二条指令并执行

(1) 取指令并分析指令。从 0108H 号存储单元中取出第二条指令“ADD AL, Y”的机器码并送入 IR 中，IR 中的操作码部分经指令译码器 (ID) 译码产生“ADD”的信号有效，同时从寻址方式和形式地址指明的目标操作数是寄存器 AL，源操作数是存储器，由地址形成器计算出操作数的存储单元地址为 1FD41H。此外为取下一条指令准备的地址 IP=010CH，使其指向第三条指令。

(2) 执行指令。微操作控制部件接收到来自 ID 的译码信号“相加寄存器操作数和存储器操作数”，在此机器周期内要完成存储器读操作和加法操作。先从 1FD41H 存储单元中取出

Y 的值 5 送到运算器输入端，运算器执行加法运算  $3+5$ ，得出和 8 送入 AL 中。第二条指令执行完毕，微操作控制部件转入执行“取指令机器周期”。此时  $IP=010CH$ ，故转入执行第三条指令。

第三条指令与第一条指令相似，完成的都是数据传送，但传送的方向不同，完成的是存储器写操作，即将 AL 的内容传送（写）到 SUM 的存储单元之中（1FD42H 号单元）。

第四条指令是停机指令，可在取指令机器周期内完成。

综上所述，对计算机的自动工作原理作如下概括：从计算机程序员的角度看，计算机自动工作过程是执行预先编写好的程序的过程，而执行程序的过程就是周而复始地完成取指令、分析指令和执行指令的过程。

## 1.6 程序设计基础

程序设计是软件开发过程中的一个重要环节，程序设计是计算机科学与技术专业学生的基本功，这个专业的学生将来大部分要从事程序设计工作，因此，必须掌握程序设计的基本要领，才能成为优秀的设计人员。

### 1.6.1 程序设计的概念

#### 1. 什么是程序设计

人们要利用计算机解决实际问题，首先要按照人们的意愿，借助计算机语言，将解决问题的方法、公式、步骤等编写成程序，然后将程序输入到计算机中，由计算机执行这个程序完成特定的任务，这个设计和书写程序的整个过程就是程序设计。

程序设计是根据给出的具体任务，编制一个能正确完成该任务的计算机程序。计算机程序是有序指令的集合或者是具有一定结构的语句的集合。它被计算机执行。为了能很好地完成给定的任务，程序设计过程大致需要三步：①确定算法与数据结构；②用流程图表示程序的思想；③用程序设计语言编制计算机程序。

#### 2. 程序设计方法

目前程序设计方法主要有结构化程序设计和面向对象程序设计。

结构化程序设计是由荷兰学者 Dijkstra 在 20 世纪 70 年代提出的，其主要思想是自顶向下、逐步求精、模块编程。即当一个程序十分复杂时，可以将它拆分成一系列较小的子程序，直到这些子程序易于理解为止，每个子程序是一个独立模块，每个模块又可继续划分为更小的子模块，程序具有一种层次结构。采用自顶向下逐步求精的设计方法就是先设计顶层，然后步步深入，逐层细分，逐步求精，直到整个问题可用程序设计语言明确地描述出来为止。结构化程序设计采用单入口单出口的控制结构，即：程序由顺序、选择、循环三种基本控制结构组成。这三种基本结构的特点是每一种结构都只有一个入口和一个出口，任何一个算法都可以用这三种基本结构实现，任何复杂的程序都可以分解为由三种基本结构组成。3 种基本结构如图 1.22 所示。

结构化程序设计使得程序结构清晰，可读性好，在出现问题时，便于查错，易于修改，提高了程序设计的质量。但随着软件规模和复杂性的增长，这种方法越来越不能适应庞大、复杂软件的开发，暴露出许多缺点，面向对象程序设计方法正是在这种背景下诞生的。

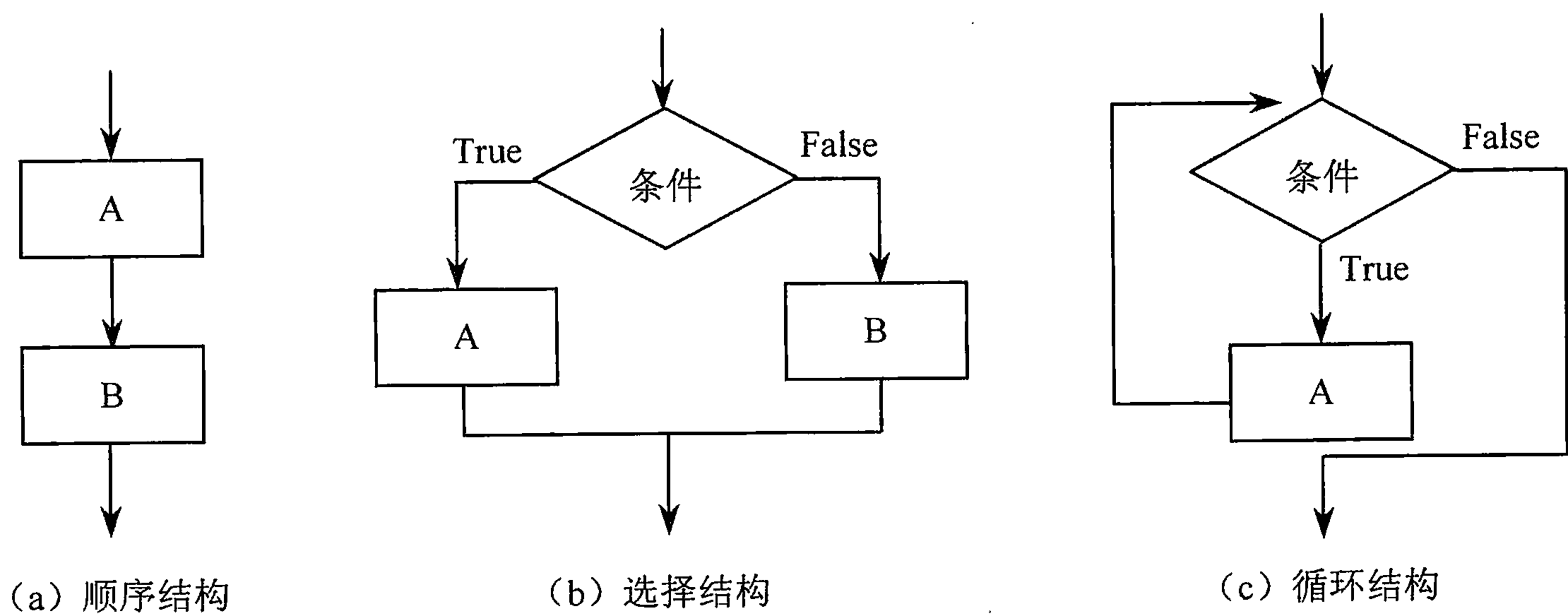


图 1.22 3 种基本结构

面向对象程序设计（Object Oriented Programming, OOP）是一种先进的程序设计方法，是围绕着各类事物进行程序设计的，其本质是把数据和处理数据的过程（函数）当成一个整体——对象。采用这种方法能产生一个清晰而又容易扩展及维护的程序。一旦在程序中建立了一个对象，其他程序员可以在其他的程序中使用这个对象，完全不必重新编制烦琐复杂的代码。对象的重复使用可以大大地节省开发时间，切实地提高软件的开发效率。

面向对象程序设计的实现需要封装和数据隐藏技术，需要继承和多态性技术，也就是说，面向对象具有 3 个重要特性，即封装性、继承性和多态性。

（1）封装性（Encapsulation）就是把一个数据结构同操作数据的过程组合在一起，把它们封装在一个类中。这种封装性能保护类中的数据与过程的安全，防止外界干扰和误用。

（2）继承性（Inheritance）这种特性很符合人的思维方式，通过继承，一个对象可以获得另一个对象的属性，并可加入一些属于自己的特性。

（3）多态性（Polymorphision）就是一个接口，多种方式。多态性的优点在于通过提供一个相同的接口，可以通过不同的动作来访问，从而降低了问题的复杂度。

面向对象程序设计并没有摒弃结构化程序设计方法，相反，它是在充分吸收结构化程序设计优点的基础上，引进了对象、类等新的、强有力的概念，从而开创了程序设计工作的新天地。

3. 程序设计风格

在程序设计时为了能使程序结构清晰、合理，编写出来的程序不仅可以在机器上执行，并得到正确的结果，还要便于程序的调试和维护，程序不仅要让自己能看懂，也要让别人能看懂，不要出现过了一段时间，连编程者自己也读不懂程序的情况，因此，在学习程序设计过程中，必须保持良好的程序设计风格。程序如同一篇文章，应该易于被人看懂，读起来流畅，必要时又容易修改，可以从源程序代码中得到提示从哪里修改。好的程序设计风格有助于提高程序的正确性、可读性、可维护性和可用性。

建议从以下几个方面，逐步形成良好的程序设计风格：

- （1）编码格式和编码约定在整个程序中应保持一致。
- （2）程序中应给出必要的注释，尤其在变量定义、调用接口、参数传递处，在修改程序时应注明修改人、时间、简要的修改原因。
- （3）对变量、函数标识等的命名，采用“匈牙利命名法”，避免含义不明确的缩写，从命名就可以一目了然地读出命名标识的含义和数据类型。



- (4) 程序书写采用缩进格式，突出程序的逻辑层次结构。
- (5) 每一行只写一条语句，使用括号间隔表达式或语句的组成部分，使组成部分清晰。
- (6) 使用结构化、面向对象的编程技术，提高程序的可重用性和可扩充性。
- (7) 除非完全必要，应尽量避免多重处理；尽量避免使用复杂的算术和逻辑表达式。
- (8) 提高程序的健壮性。

### 1.6.2 程序设计语言

编写计算机程序所用的语言即程序设计语言，是人与计算机之间交换信息的工具，人要把需要计算机完成的工作告诉计算机，就必须使用程序设计语言编写程序，让计算机去执行。程序设计语言的发展从面向过程，到面向对象，现在又进一步发展成为面向组件，经历了非常曲折的过程。程序设计语言总的来说可以分成机器语言、汇编语言、高级语言和面向对象语言等。

#### 1. 机器语言

机器语言是计算机第一代语言，它全部由 0、1 代码组成，是能够直接被机器所接受的语言，是最底层的计算机语言。用机器语言编写的程序，计算机硬件可以直接识别，因此，它的执行速度比较快，基本上充分发挥了计算机的速度性能。对于不同的计算机硬件（主要是 CPU），其机器语言一般是不相同的。每种计算机都有自己的指令集，所谓指令是指一种规定 CPU 执行某种特定操作的命令，也称为机器指令。通常一条指令对应一种基本操作，每台计算机的指令系统就是该机器的机器语言。用机器语言编写的程序，每条指令都是二进制形式的指令代码，由 0 和 1 组成，指令代码包括操作码和地址码两部分。由于不同的计算机其机器语言有所不同，因此，针对一种计算机所编写的机器语言程序，一般不能在另一种计算机上运行。机器语言不容易记忆，程序编写难度大，调试修改烦琐，且不易移植，但执行速度最快，是一种面向机器的程序设计语言。

#### 2. 汇编语言

汇编语言是第二代程序设计语言。

在编写程序时，如果使用一些可帮助记忆的符号来代替难记、难辨的机器码，则对于阅读和修改程序将带来很大的好处。

汇编语言就是用助记符代替操作码，用地址符号代替地址码。它的每一种符号都有一一对应的机器码。正是这种替代，使机器语言“符号化”，所以也称汇编语言是符号语言。汇编语言与特定类型的机器相对应，也是一种面向机器的语言。事实上，每一个计算机厂家都为自己的机器制定了一套机器码的“助记符”，即汇编语言指令系统。

由于汇编语言采用了助记符，因此它比机器语言直观，容易记忆和理解，用汇编语言编写的程序也比机器语言程序易读、易检查、易修改。汇编语言与机器语言一般是一一对应的，因此对于不同的计算机，针对同一问题所编写的汇编语言源程序是互不通用的。用汇编语言编写的程序执行效率比较高，但通用性和可移植性仍然比较差。

总的来说，汇编语言比机器语言前进了一步。但是，计算机不能直接识别用汇编语言编写的程序，必须由一种专门翻译程序将汇编语言程序翻译成机器语言程序，计算机才能执行。

#### 3. 高级语言

机器语言和汇编语言都是面向机器的语言，一般称为低级语言。它们对机器的依赖性很

大,用它们开发出的程序通用性差,且要求程序开发者必须熟悉和了解计算机硬件的每一个细节,因此它们面对的用户一般是计算机专业人员,普通计算机用户很难胜任这一工作。随着计算机技术的发展及计算机应用领域的不断扩大,计算机用户的队伍不断壮大,而且这个队伍中绝大部分不是计算机专业人员。为此,从20世纪50年代中期开始,逐步发展了面向问题的程序设计语言,称为高级语言。高级语言与具体的计算机硬件无关,其表达方式接近于被描述的问题,接近于自然语言和数学语言,易被人们接受和掌握。用高级语言编写程序要比用低级语言容易得多,大大简化了程序的编制和调试过程,使编程效率得到大幅度的提高。

高级语言的显著特点是独立于具体的计算机硬件,通用性和可移植性好。一个程序,不修改或少量修改就可以在不同的计算机系统上运行。

目前,计算机高级语言已有上百种之多,得到广泛应用的也有十几种,并且几乎每一种高级语言都有其最适用的领域。高级语言发展经历的两个阶段。第一阶段高级语言是过程化的语言,如:Basic语言、C语言、Fortran语言、COBOL语言、Pascal语言、LISP语言等都是过程化的语言。用过程化语言编程时需要一步一步地安排好机器的执行顺序,要告诉机器怎么做。第二个阶段的高级语言是非过程化语言,非过程化语言只需告诉机器做什么就可以了,由机器自己生成和安排执行的步骤。如FoxBase、FoxPro都是非过程化的语言。

用任一种高级语言编写的源程序都不能被计算机直接执行,在执行之前,必须由编译程序或解释程序翻译成机器能接受的目标代码。与低级语言相比,用高级语言编写的程序其执行的时间和空间效率要差一些。

取其所长,上述三类语言可用在不同的场合,一般科学计算、数据处理采用高级语言比较合适,而实时控制因速度要求高,往往采用汇编语言。

#### 4. 面向对象程序设计语言(OOPL)

面向对象程序设计语言是建立在用对象编程的方法基础上的,是当前程序设计采用最多的一种语言,这种语言具有封装性、继承性和多态性。面向对象程序设计语言像雨后春笋一般大量涌现,形成了两大类面向对象语言:一类是纯粹的面向对象语言,在纯粹的面向对象语言中,几乎所有的语言成分都是“对象”,如:Smalltalk、Java等,这类语言强调开发快速原型的能力;另一类是混合型面向对象语言,如:C++、Object Pascal,这类语言是在传统的过程化语言基础上增加面向对象机制,它所强调的是运行效率。成熟的面向对象语言通常都提供丰富的类库和强有力的开发环境。

#### 5. 组件技术

面对程序复杂性不断增长、重复开发造成的资源浪费等“软件危机”,人们开始思考软件复用的问题,这使组件技术得以迅速发芽、成长和发展。所谓组件(Component)可理解为自包含的、可编程的、可重用的、与语言无关的代码片段,可以作为整体很容易地插入到应用程序中。它具有明确的接口,软件就是通过这些接口调用组件所能提供的服务,多种组件可以联合起来构成更大型的组件乃至直接建立整个系统。在组件设计中,必须包括需求、源代码和可执行代码、接口规范、分析和设计模型、测试和其他同类术语。组件的实现必须支持一种或者多种用户所希望获得的接口。

支持组件的技术包括COM(Component Object Model)、CORBA(Common Object Request Broker Architecture)和EJB(Enterprise JavaBeans)等。

组件是一种可复用的软件小段。组件的概念范围很广,小到图形界面中的一个按钮,大

到一些复杂的文字编辑器和电子表格。与面向对象语言不同，组件技术是一种更高层次的对象技术，它独立于语言和面向应用程序，只规定组件的外在形式，不关心其内部实现方法；它既可用面向对象编程语言实现，也可用非面向对象的过程语言实现。只要遵循组件技术的规范，各软件开发商就可以用自己认为方便的语言去实现。

组件技术是计算机软件发展的最新结果，也是非常有效的软件构造方法。组件技术的基本思想在于，创建和利用可重复使用的软件组件来解决软件的开发问题。基于组件的方法使整个应用程序的复杂性降低，每个模块相互独立，一个组件的内部对另外一个组件的内部没有影响。只要新组件与旧组件“兼容”，新组件就可以提供所需要的附加功能。

### 1.6.3 算法与数据结构

一般来说，大型软件系统的开发，应运用软件工程的思想和方法进行，而在使用计算机解决较简单的实际问题时，需要遵循以下几个步骤：

（1）分析问题，确定算法。首先把要解决的问题进行分析整理，从中提取操作的对象，并找出这些操作对象之间的关系，尽可能地用数学表达式描述，如没有完整的数学表达式，应制定解决问题的规则。然后在此基础上确定具体解决问题的方法和步骤，根据问题的要求设计出一种优化算法，算法描述可用流程图、伪代码等手段。

（2）选择程序设计语言进行程序设计。在对具体问题进行了详细的分析、整理后，依据解决问题的要求和计算机系统的软、硬件环境，选择一种适当的程序设计语言，将算法转换成程序代码，因此人们常把程序定义为：程序=算法+数据结构+程序设计语言+语言工具和环境。

（3）程序测试。设计一组足够的测试数据，使用这组测试数据来运行程序，看是否能获得预期的正确结果。如果正确，则解决的问题结束，否则返回到前面步骤，如果程序有错，则去修改程序；如果分析问题不准确，算法有错，则将需要重新进行问题分析，重新确定或修改算法。由此可见，分析问题、确定算法在整个解决问题过程中是非常重要的步骤，决不可忽视。

#### 1. 算法

（1）什么是算法。算法（Algorithm）是解题的步骤，是一组有穷的规则，它们规定了解决某一特定问题的一系列运算，是对解题方案的准确与完整的描述。制定一个算法，一般要经过设计算法、描述算法、分析算法和验证算法等阶段。

（2）算法的特性。一个算法具有下列 5 个重要的特性：

1) 确定性：算法的每一种运算必须有确定的意义，不应产生二义性，并且在任何条件下，算法只有唯一的一条执行路径，即对于相同的输入只能得出相同的输出。

2) 有穷性：一个算法总是在执行了有穷步的运算后终止，且每一步都可在有穷时间内完成。

3) 可行性：一个算法是可行的，即算法中描述的操作都可通过已经实现的基本运算执行有限次来实现。

4) 输入：一个算法有零个或多个输入，在算法运算开始之前给出算法所需数据的初值，这些输入取自特定的对象集合。

5) 输出：作为算法运算的结果，一个算法产生一个或多个输出，输出是同输入有某种特定关系的量。

（3）算法的描述。算法的描述方法可以归纳为以下几种：

1) 自然语言。



- 2) 图形，如 N-S 图、流程图，图的描述与算法语言的描述对应。
- 3) 算法语言，即：计算机语言、程序设计语言、伪代码。

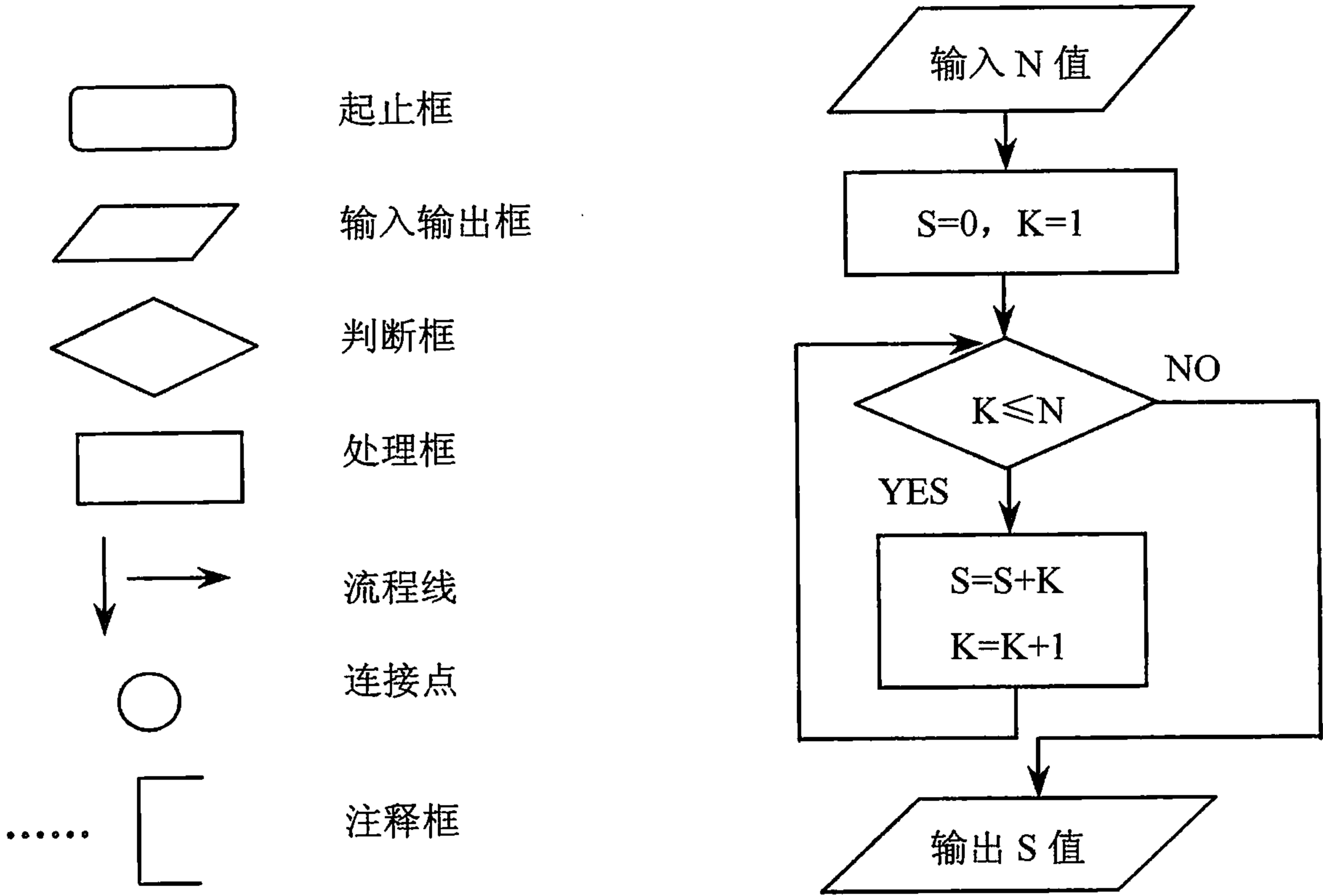
一般而言，描述算法最合适的语言是介于自然语言和程序设计语言之间的伪代码语言，它的控制结构往往类似于 Pascal、C 等程序设计语言，但其中可使用任何表达能力强的方法，使算法表达更加清晰和简洁，而不至于陷入具体的程序设计语言的某些细节。

【例 1.26】写出计算  $1+2+3+4+\cdots+n$  的算法。

用自然语言描述：

- ① 输入  $n$  的值， $n \geq 1$ 。
- ② 设两个变量： $S$  表示和值，初值为 0， $K$  表示加数，初值为 1。
- ③ 计算累加和，即： $S=S+K$ 。
- ④ 修改加数  $K$ ，使其增 1，即： $K=K+1$ 。
- ⑤ 重复③、④两步，直到  $K$  大于  $n$  为止。
- ⑥ 输出  $S$  值。

用流程图描述：流程图是用一些图框表示各种操作，用图形表示算法，直观形象，易于理解。美国国家标准化协会 ANSI 规定了一些常用的流程图符号（如图 1.23 所示），已被世界各国程序工作者普遍采用。本例用流程图描述如图 1.24 所示。



显然，选用的算法首先应该是“正确的”。此外，主要考虑如下 3 点：

- 1) 执行算法所耗费的时间，即时间特性。
- 2) 执行算法所耗费的存储空间，其中主要考虑算法的辅助存储空间，即空间特性。
- 3) 算法应易于理解、易于编码、易于调试等。

当然，程序员希望选用一个所占存储空间小、运算时间短、其他性能也好的算法，然而，实际上很难做到十全十美。原因是上述要求有时相互抵触，要节约算法的执行时间往往要以牺牲更多的空间为代价；而为了节省空间可能要耗费更多的计算时间。因此只能根据具体情况有所侧重。若该程序使用次数较少，则力求算法简明易懂；对于反复多次使用的程序，应尽可能选用快速的算法；若待解决的问题数据量极大，机器的存储空间较少，则相应算法主要考虑如何节省空间。

易理解性是衡量一个算法优劣的重要标准。因为算法需要提供给别人去阅读、编写相应的程序以及进行修改和维护。具有良好的结构、易理解、易修改、易维护的算法是人们追求的目标。特别是当今计算机的硬件性能已经有了很大的提高，无论是运算速度还是存储容量均已今非昔比，所以人们对于提高算法的易理解性尤为重视。

当评价一个算法的时间性能时，主要标准是采用算法的渐近时间复杂度；当评价一个算法的空间性能时，主要标准是采用算法的渐近空间复杂度。

## 2. 数据结构

计算机发展初期，人们使用计算机主要是处理数值计算问题。由于数值计算的特点是数据元素之间的关系简单，但计算复杂，所以程序设计者的主要精力集中于程序设计技巧上，而无须重视数据结构。随着计算机应用领域的扩大和软、硬件的发展，计算机被更多地用于非数值处理，据统计，用计算机处理非数值性问题占了 90% 以上，非数值处理的特点是数据元素间的关系复杂，而计算相对简单。因此解决此类问题的关键已不再是分析数学和计算方法，而是要设计出合适的数据结构，才能有效地解决问题。

利用计算机解决实际问题，不仅需要研究算法与程序结构，同时也需要研究程序的加工对象——数据的结构。数据结构直接影响算法的选择和程序的效率。程序设计的实质是对实际问题选择一种好的数据结构，加之设计一个好的算法，而好的算法在很大程度上取决于描述实际问题的数据结构。

### （1）数据结构的基本概念。

1) 数据：是指描述客观事物的数值、字符以及所有能输入到计算机并被计算机程序处理的符号的集合。它是计算机程序加工的“原料”。对计算机科学而言，数据的含义极为广泛，数值、字符、图形、图像、声音等都是数据。

2) 数据元素：是数据集合中的一个个体，它是数据的基本单位。

3) 数据结构：是指相互之间存在某种关系的数据元素的集合。它一般包括以下 3 方面的内容：数据的逻辑结构、数据的存储结构和数据的操作实现算法。

① 逻辑结构：是指数据元素之间的逻辑关系，它分为线性结构和非线性结构。线性表是典型的线性结构，而树型结构是典型的非线性结构。

② 存储结构：是指数据元素及其之间的关系在计算机存储器中的表示方法。数据的存储结构主要有顺序存储结构和链式存储结构两种基本类型。

③ 数据的操作：是指对数据实施的操作。

从学科的角度来看，数据结构是计算机科学技术的一个分支，它主要研究数据的逻辑结

构（即数据元素之间的逻辑关系）和物理结构（即数据在计算机中是如何表示的）以及它们之间的关系，并对这种结构定义相应的操作，设计出实现这些操作的算法。

从课程的角度来看，数据结构是计算机科学与技术专业一门重要的专业基础课，是教学计划中的核心课程之一。其中将系统地介绍线性表、栈、队列、串、数组和广义表、树、图等基本类型的数据结构及其相应操作的实现算法，并将详细讨论在程序设计中经常会遇到的查找和排序技术。这些知识和技术不仅是一般非数值计算程序设计的基础，而且是设计和实现系统软件（如编译程序、操作系统、数据库管理系统等）以及大型应用程序的重要基础。

几种典型的数据结构主要有线性表、栈和树。

(2) 几种典型的数据结构简介。

1) 线性表 (Linear\_List)。线性表是最简单且最常用的一种数据结构。

① 线性表的定义。线性表是由  $n$  ( $n \geq 0$ ) 个数据元素（结点） $a_1, a_2, \dots, a_n$  组成的有限序列。其中数据元素根据不同的情况可以是一个数、一个符号或一个记录等信息，不同线性表中的数据元素可以是各种各样的，但同一线性表中的元素必定具有相同的特性，即属同一数据对象。如：英文字母表 (A, B, C, ..., Z) 是一个线性表，表中的每个字母是一个数据元素。又如，表 1.11 所示的学生情况表是一种较为复杂的线性表，数据元素是一条记录信息，由学号、姓名、性别、年龄、政治面貌和健康状况 6 个数据项组成。

表 1.11 学生情况表

学号	姓名	性别	年龄	政治面貌	健康状况
01201	张平	男	20	团员	良好
01202	王丽	女	19	团员	良好
01203	李梅	女	19	群众	一般

② 线性表的基本操作。线性表是一种相当灵活的数据结构，对线性表的数据元素不仅可以进行访问，还可以进行插入和删除等操作，常见的线性表基本操作有：

Init List(L)：构造一个空的线性表 L，即表的初始化。

List Length(L)：求线性表 L 中的数据元素的个数，即求表长。

Get Node(L,i)：取线性表 L 中的第 i 个结点，要求  $1 \leq i \leq \text{List Length}(L)$ 。

Locate Node(L,x)：在 L 中查找值为 x 的结点，并返回该结点在 L 中的位置。若 L 中有多个结点的值和 x 相同，则返回首次找到的结点位置；若 L 中没有结点的值为 x，则返回一个特殊值表示查找失败。

Insert List(L,x,i)：在线性表 L 的第 i 个位置前插入一个值为 x 的新结点。如果线性表 L 原有 n 个数据元素，则执行此操作后，其数据元素个数将变为  $n+1$ 。

Delete List(L,i)：删除线性表 L 的第 i 个结点，如果线性表 L 原有 n 个数据元素，则执行此操作后，其数据元素个数将变为  $n-1$ 。

以上操作是线性表的基本操作，并不是线性表的全部操作。可以根据所采用的存储结构分别设计出实现这些操作的算法。对于实际问题中涉及的其他更为复杂的操作，可以用基本操作的组合来实现。

③ 线性表的存储结构。将一个线性表存储到计算机中可以采用许多不同的方法，常采用的方法有顺序存储结构和链式存储结构。



线性表的顺序存储结构是把线性表的数据元素按逻辑次序依次存放在一组地址连续的存储单元里。用这种方法存储的线性表称为顺序表。假设线性表的每个元素需占用  $C$  个存储单元，其中的第一个单元的存储地址则是该元素的存储地址，设表中开始第一个元素  $a_1$  的存储地址是  $Loc(a_1)$ ，那么线性表中的第  $i$  个数据元素  $a_i$  的存储地址为：

$$Loc(a_i) = Loc(a_1) + (i-1) * C \qquad 1 \leq i \leq n$$

由此可见，只要确定了存储线性表的起始位置，线性表中任一数据元素都可随机存取，所以说线性表的顺序存储结构是一种随机存取的存储结构。由于高级语言中数组类型也有随机存取的特性，因此通常采用一维数组来描述顺序表。线性表采用顺序存储结构的优点是可以随机存取表中任一结点，实现对线性表的某些操作比较简单，如：计算线性表的长度、存取线性表中的任意一个结点、查找线性表中某一元素等。缺点是在实现线性表的插入和删除操作时，需要移动大量数据元素而花费较多的时间。为了避免大量结点的移动，线性表可采用另一种存储结构——链式存储结构。

链式存储结构是用一组任意的存储单元存储线性表的数据元素，这组存储单元可以连续，也可以不连续，甚至是零散分布在内存中的任何位置上，因此为了表示每个数据元素  $a_i$  与其直接后继数据元素  $a_{i+1}$  之间的逻辑关系，除了存储其自身的信息外，还需存储指示直接后继的信息。这样，线性表每个数据元素的存储表示包括两个域：其中存储数据元素信息的域称为数据域；存储直接后继存储位置的域称为指针域。有  $n$  个元素的线性表每个数据元素之间通过指针连接成为一个链式的结构，因此又称其为链表。链表的优点是插入、删除操作简单，只须修改相应的指针域。其缺点是不能随机存取线性表中的数据元素，只能顺序存取，所以实现查找操作比较烦琐。另外，由于每个数据元素都需要额外增加一个指针域，这也增加了存储空间的开销。

2) 栈 (Stack)。栈是特殊的线性表，它的逻辑结构和线性表相同，只是其基本操作较线性表有更多的限制，故又称是受限的线性表。栈被广泛应用于各种程序设计中。

① 栈的定义：栈是限制仅在表的一端（即表尾）进行插入和删除操作的线性表，通常称插入、删除这一端为栈顶 (Top)，另一端称为栈底 (Bottom)。当表中没有元素时称为空栈。

假设栈  $S = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ ，则称  $a_1$  为栈底元素， $a_n$  为栈顶元素。栈中元素按  $a_1, a_2, \dots, a_n$  的次序进栈，退栈的第一个元素应为栈顶元素。也就是说，栈的修改是按后进先出的原则进行的（如图 1.25 所示）。因此，栈又称为后进先出 (Last In First Out) 的线性表（简称 LIFO 结构），栈在现实生活中也可以见到，如一叠盘子，若规定从这叠物体中取出一件或放入一件都只能在顶端进行，那它就是一个栈。

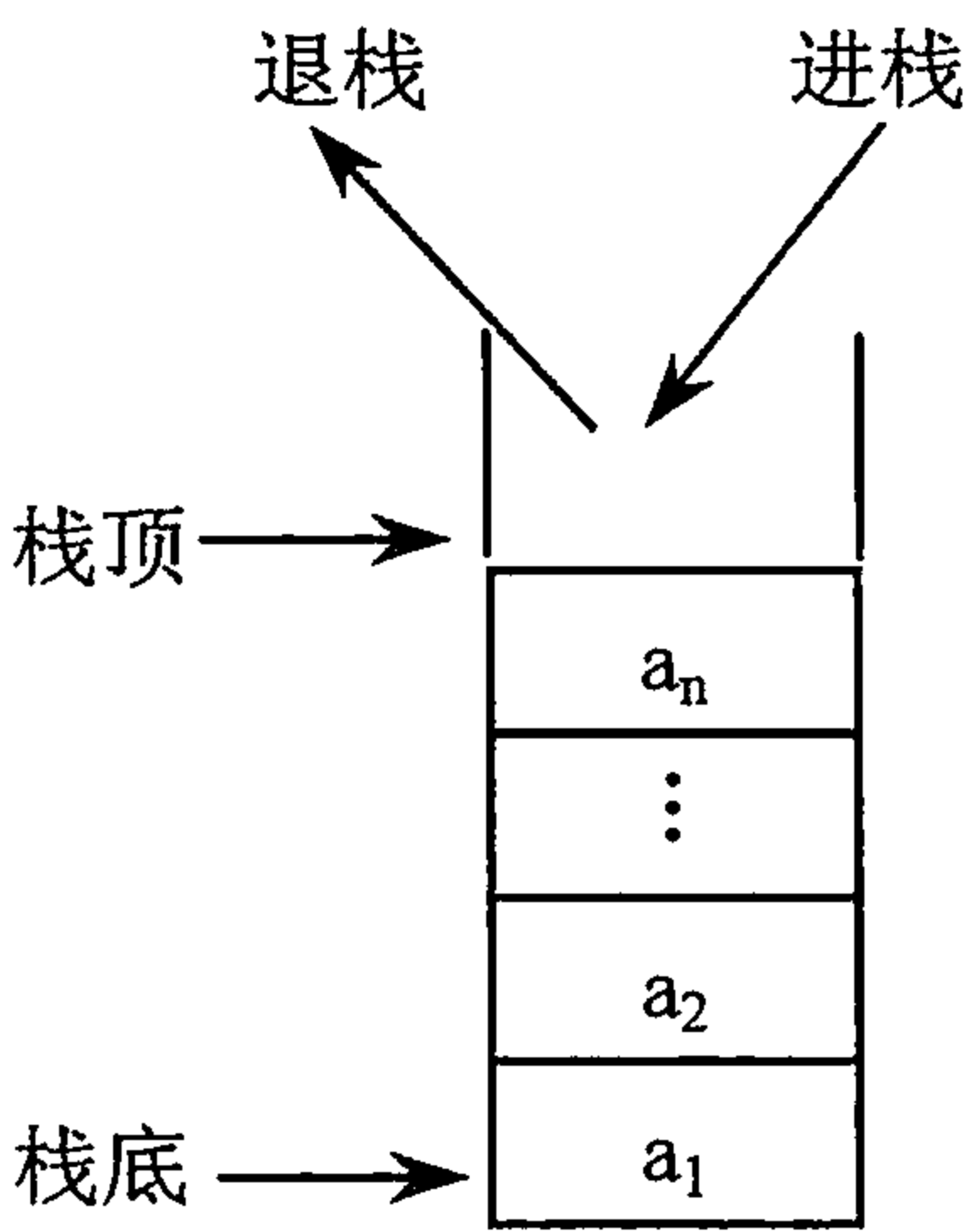


图 1.25 栈的示意图

② 栈的基本操作。

InitStack(S)：构造一个空栈 S。

StackEmpty(S)：判栈空。若 S 为空栈，则返回 TRUE，否则返回 FALSE。

StackFull(S)：判栈满。若 S 为满栈，则返回 TRUE，否则返回 FALSE。该操作只适用于栈的顺序存储结构。

Push(S, x)：进栈。若栈 S 不满，则将元素 x 插入 S 的栈顶。

Pop(S)：退栈。若栈 S 非空，则将 S 的栈顶元素删去，并返回该元素。

③ 栈的存储结构。由于栈是操作受限的线性表，因此与线性表相似，栈也有两种存储表示方法，即顺序栈（栈的顺序存储结构）和链栈（栈的链式存储结构），栈一般采用顺序存储结构。顺序栈是使用一个连续的存储区域来存放栈元素，并设置一个栈顶指针 Top，用来指示栈顶位置，进栈和退栈只能在栈顶进行。图 1.26 说明了在顺序栈中做进栈和退栈操作时，栈中元素和栈顶指针的关系。

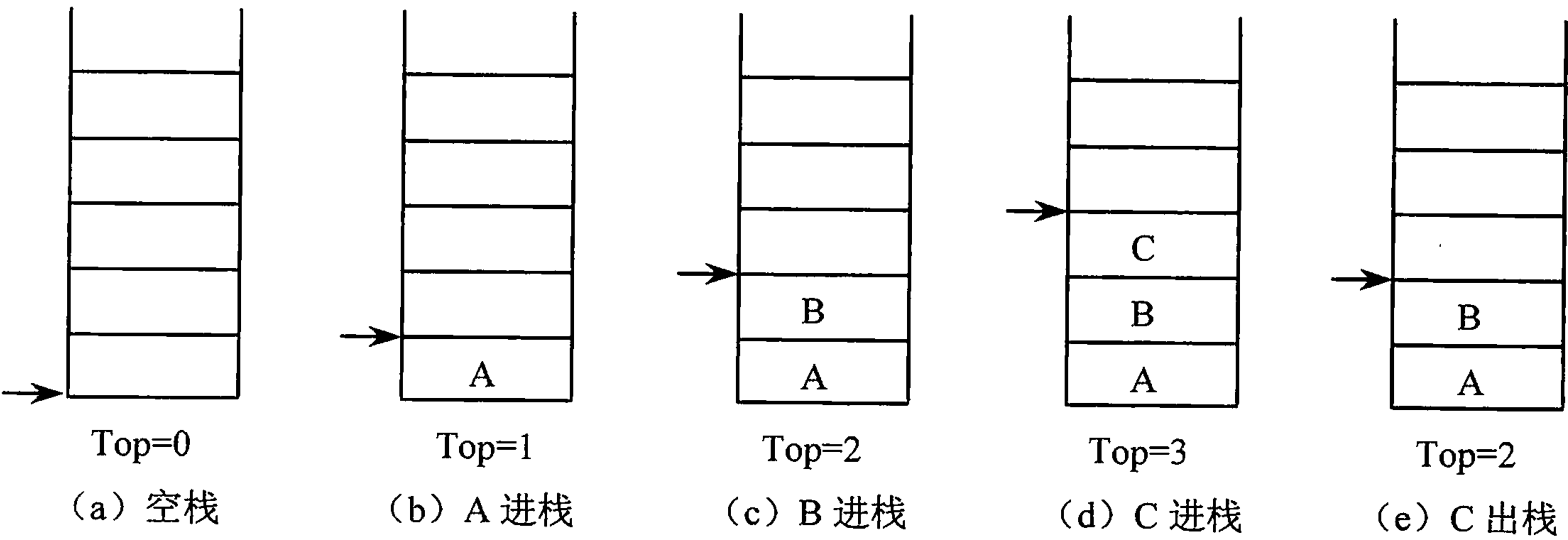


图 1.26 栈顶指针和栈中元素之间的关系

3) 树 (Tree)。树型结构是一类非常重要的非线性结构，它用于描述数据元素之间的层次关系，类似于自然界中的树。树结构在客观世界中是大量存在的，例如族谱、行政组织机构都可用树形象地表示。在计算机领域中，树型结构的应用也非常广泛，磁盘文件的目录结构就是一个典型的例子，在编译程序中，用树来表示源程序的语法结构，在分析算法的行为时，可用树来描述其执行过程。树和二叉树是常用的两种树型结构，在此，先介绍树的基本概念，然后重点讨论二叉树的有关概念、存储结构和常用操作。

① 树的基本概念。树：是  $n$  ( $n \geq 0$ ) 个结点的有限集  $T$ ， $T$  为空时称为空树， $T$  非空时，有且仅有一个特定的结点称为根结点，其余结点可被分成  $m$  ( $m \geq 0$ ) 个互不相交的子集  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_m$ ，其中每个子集本身又是一棵树，并称其为根结点的子树。

图 1.27 所示是一棵具有 12 个结点的树，结点 A 为树的根结点，除 A 之外的其余结点分为 3 个不相交的集合  $T_1=\{B, E, F, G\}$ 、 $T_2=\{C, H\}$  和  $T_3=\{D, I, J, K, L\}$ ，形成了结点 A 的 3 棵子树， $T_1$ 、 $T_2$  和  $T_3$  本身也分别是一棵树。例如，子树  $T_1$  的根结点为 B，其余结点又分为三个不相交的集合  $\{E\}$ 、 $\{F\}$  和  $\{G\}$ ，它们形成了子树  $T_1$  的根结点 B 的三棵子树。

树结构中的基本术语。

孩子结点、双亲结点：树中某结点的各子树的根称为该结点的孩子；相应地该结点称为其孩子的双亲。

结点的度：一个结点所拥有的子树的个数称为该结点的度。

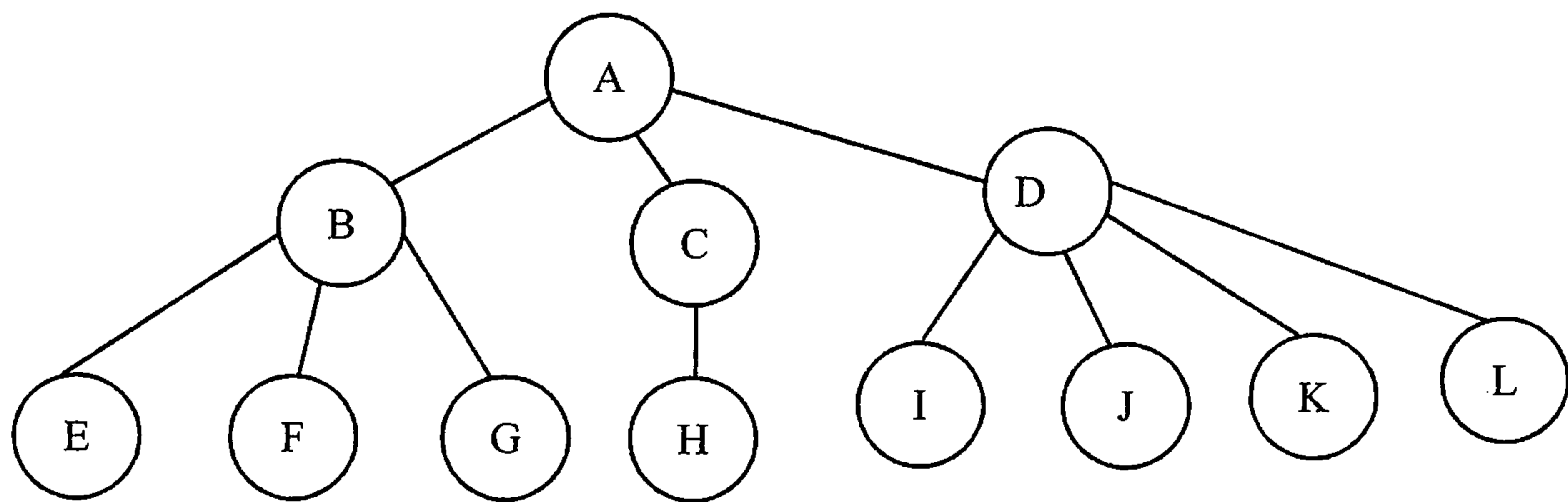


图 1.27 一棵具有 12 个结点的树

叶子结点、分支结点：度为 0 的结点称为叶子结点，或者称为终端结点；度不为 0 的结点称为分支结点或非终端结点。

树的深度：一棵树的叶子结点的最大层数称为树的深度。

② 二叉树的基本概念。二叉树（Binary Tree）是树型结构的一个重要类型，许多实际问题抽象出来的数据结构往往是二叉树的形式，即使是一般的树也能简单地转换为二叉树，而且二叉树的存储结构及其算法都较为简单，因此二叉树显得特别重要。

二叉树：是  $n$  ( $n \geq 0$ ) 个结点的有限集，它或者是空集 ( $n=0$ )，或者是由一个根结点及两棵互不相交的分别称为根的左子树和右子树组成。

图 1.28 所示是一棵二叉树。

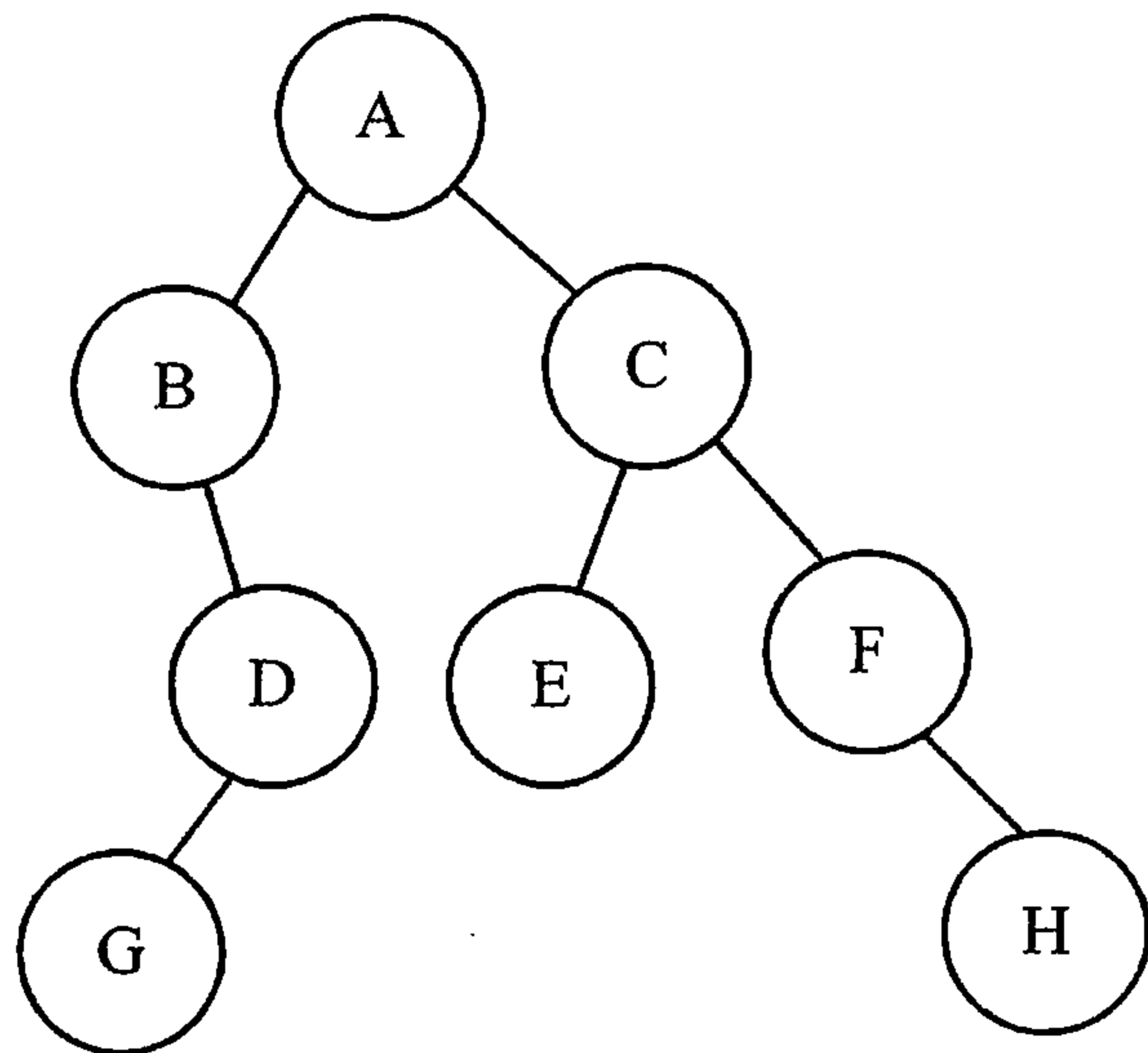


图 1.28 二叉树

上面介绍的树的基本术语在二叉树中同样适用，需要说明的是，尽管树和二叉树的概念之间有许多关系，但它们是两个概念。二叉树不是树的特殊情况，树和二叉树之间最主要的区别是：二叉树是有序的，二叉树的结点的子树要区分左子树和右子树，即使在结点只有一棵子树的情况下也要明确指出该子树是左子树还是右子树。例如，图 1.29 所示是 4 棵不同的二叉树，但如果作为树，它们就是相同的了。

完全二叉树和满二叉树是两种特殊形态的二叉树。

满二叉树：在一棵二叉树中，如果所有分支结点都存在左子树和右子树，并且所有叶子结点都在同一层上，这样的一棵二叉树称为满二叉树。

完全二叉树：一棵深度为  $K$  的有  $n$  个结点的二叉树，对树中的结点按从上至下、从左到右的顺序进行编号，如果编号为  $i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) 的结点与满二叉树中编号为  $i$  的结点在二叉树



中的位置相同，则这棵二叉树称为完全二叉树。显然，一棵满二叉树必定是一棵完全二树。

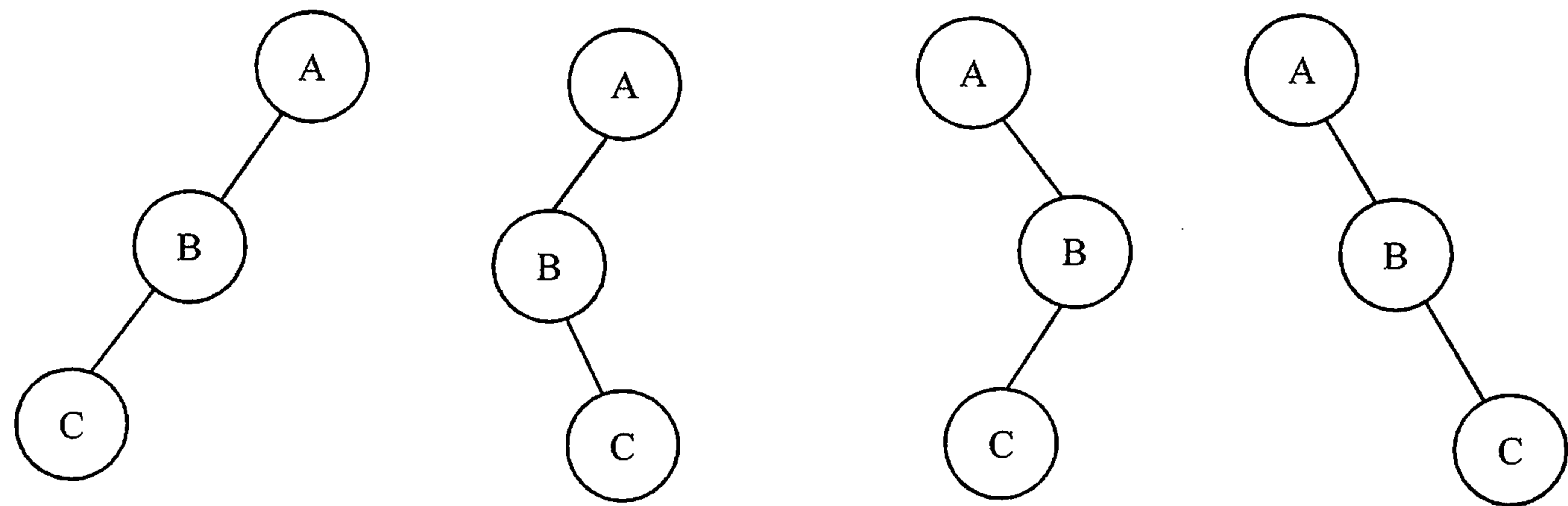


图 1.29 4 棵不同的二叉树

③ 二叉树的存储结构。二叉树的存储结构有顺序存储和链式存储。顺序存储结构，就是用一组连续的存储单元存放二叉树中的结点，完全二叉树由于其结构特点，通常采用顺序方式存储；链式存储结构是用链建立二叉树中结点之间的关系，通常采用的链式存储结构为二叉链表。所谓二叉链表，是将二叉树中的结点设置为如下的结构体类型：

lchild	data	rchild
--------	------	--------

其中，data 表示保存结点本身信息的信息域，lchild 和 rchild 分别为指向结点的左孩子和右孩子的指针域。由于每个结点有两个指针域，所以形象地称之为二叉链表。如图 1.30（b）给出了图 1.30（a）所示的二叉树的二叉链表示意图。

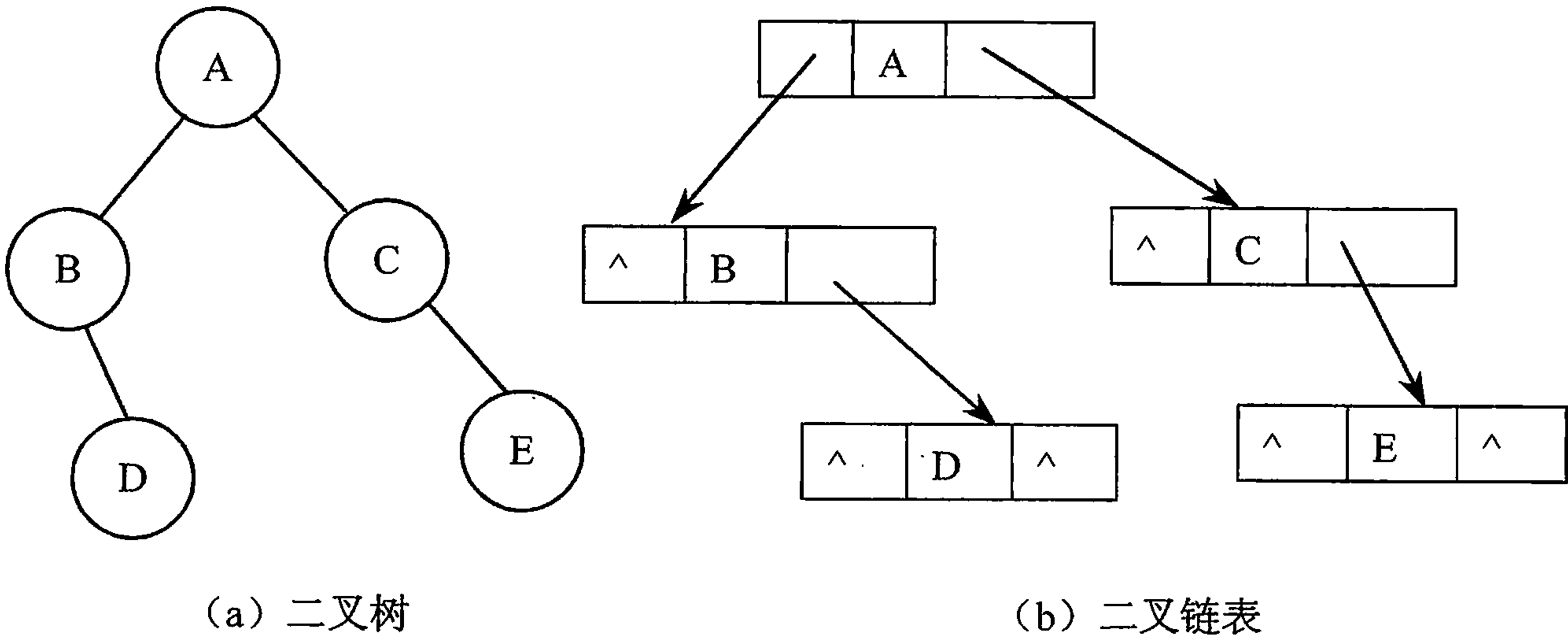


图 1.30 二叉树及二叉链表

④ 二叉树的基本操作——遍历（Traversal）。遍历是二叉树上最重要的操作之一，它是二叉树上进行其他操作的基础。所谓遍历是指沿着某条搜索路线，依次对树中每个结点均做一次且仅做一次访问。但访问结点所做的操作依赖于具体的应用问题。

根据二叉树的定义可知，一棵二叉树可看成由三部分组成：根结点、左子树和右子树。若规定 D、L、R 分别表示“访问根结点”、“遍历根结点的左子树”和“遍历根结点的右子树”，则二叉树的遍历共有 6 种方式：DLR、LDR、LRD、DRL、RDL、RLD。若又规定按先左子树后右子树的顺序进行遍历，则遍历有 3 种方式：DLR、LDR 和 LRD，它们分别被称为前序遍历、中序遍历和后序遍历。另外还有一种按二叉树中结点由上至下，由左至右的顺序进行遍历

的方法，叫层次遍历。

前序遍历的方法为：若二叉树为空，遍历结束；否则访问根结点，前序遍历根结点的左子树，前序遍历根结点的右子树。

中序遍历的方法为：若二叉树为空，遍历结束；否则，中序遍历根结点的左子树，访问根结点，中序遍历根结点的右子树。

后序遍历的方法为：若二叉树为空，遍历结束；否则，后序遍历根结点的左子树，后序遍历根结点的右子树，访问根结点。

## 思考题与习题

1. 什么是计算机？
2. 计算机的发展经历了哪几个阶段？各以什么元器件为其主要特征？
3. 计算机有哪些主要的特点和主要用途？
4. 计算机有哪些主要类型，它们的主要应用领域是什么？
5. 计算机系统由哪几部分组成？计算机硬件由哪几部分组成？说明硬件各部分的作用。
6. 什么是数制？采用位权表示法的数制有哪 4 个重要特征？
7. 计算机内部的信息为什么要采用二进制编码表示？
8. 非十进制数转换成十进制数的规则、十进制数转换成非十进制数的规则分别是什么？
9. 将下列十进制数分别转换成相等的二进制数、八进制数和十六进制数。  
(a) 56                      (b) 18                      (c) 157                      (d) 0.625
10. 将下列二进制数分别转换成相等的十进制数、八进制数和十六进制数。  
(a) 101010                      (b) 10001                      (c) 100011.011                      (d) 0.01101
11. 将下列十六进制数分别转换成相等的二进制数和八进制数。  
(a) 5CF                      (b) 8ADE                      (c) 0F4BC                      (d) 0B967
12. 将下列八进制数分别转换成相等的二进制数和十六进制数。  
(a) 574                      (b) 0.542                      (c) 743.21                      (d) 167.5
13. 设机器字长为 8 位，已知二进制数： $X_1=+100010$ ， $X_2=-0101$ ， $Y_1=+0.0011$ ， $Y_2=-0.1001$ ，求  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $Y_1$ 、 $Y_2$  的原码、反码和补码。
14. 已知 $[X]_{\text{补}}=01011010$ ， $[Y]_{\text{补}}=10010011$ ，求  $X$ 、 $Y$  的真值（用十进制形式表示）。
15. ASCII 码由几位二进制数组成？它能表示什么信息？
16. 查出 copy 四个字符的 ASCII 码，存储在存储单元中，且最高位 b7 用作偶校验。
17. 当 ASCII 码值为“1001001”时，它是什么字符？当采用奇校验时 b7 等于什么？
18. 在计算机中如何表示小数点？什么是定点表示法和浮点表示法？
19. 在二进制数中，若一个正数向左移  $n$  位，则所得到的数是原来的多少倍？若它向右移  $n$  位，则所得到的数是原来的多少倍？
20. 设有一台浮点计算机，阶码用 4 位补码定点整数表示，尾数用 12 位补码定点小数表示，基数为 2，则它所能表示数的范围是多少？
21. 什么是 BCD 码？试写出 5784 的 BCD 码。
22. 列出下列函数的真值表：

$$(1) F = \overline{A}B + A\overline{B} \quad (2) F = ABC + \overline{A}\overline{B}\overline{C}$$

23. 画出下列各逻辑表达式对应的逻辑图:

$$(1) F = AB + \overline{A}\overline{B} \quad (2) F = \overline{A}\overline{B}(A+B)$$

24. 存储器的容量单位有哪些? 存储器为什么要分内、外两种? 二者有什么区别?

25. 在计算机系统中, 位、字节、字和字长各表示的含义是什么?

26. 说出下列设备中, 哪些是输入设备? 哪些是输出设备?

打印机、鼠标、键盘、绘图仪、扫描仪、终端、音箱、话筒。

27. 简述冯·诺依曼型计算机的组成与工作原理。

28. 什么是程序和程序设计? 程序设计方法主要有哪些?

29. 作为程序员为什么要保持良好的程序设计风格?

30. 与机器硬件有关的程序设计语言有哪些? 各有什么特点? 高级语言的重要贡献体现在哪里? 高级语言的特点是什么?

31. 什么是面向对象程序设计? 列举出两种以上面向对象程序设计语言。面向对象程序设计语言具有哪些特性?

32. 什么是算法? 算法有哪些特征? 常用的算法描述方法有哪几种? 各有什么特点?

33. 写出计算  $F = n!$  的算法 (用自然语言和流程图两种方法描述)。

34. 写出计算某年是否为闰年的算法。闰年的条件是: 能被 4 整除, 但不能被 100 整除的年份是闰年; 能被 100 整除, 又能被 400 整除的年份是闰年。

35. 什么是数据结构? 什么是线性表? 线性表怎样存储? 什么是栈, 栈有什么特点?

36. 若依次读入数据元素序列  $\{a, b, c, d, e\}$  进栈, 且出栈操作可和入栈操作间隔进行, 则下列哪些序列能由出栈序列得到? 哪些不可能由出栈序列得到?

$$(a) \{a, b, c, d, e\} \quad (b) \{c, a, d, b, e\} \quad (c) \{e, d, c, b, a\} \quad (d) \{c, b, d, a, e\}$$

37. 什么是树? 什么是二叉树? 二者的区别是什么?

38. 已知一棵二叉树如图 1.28 所示, 试写出: 前序、中序、后序和层序遍历的顺序序列。

39. 已知某二叉树的前序遍历序列为 ABDECFG, 中序遍历序列为 DEBAFGC, 试写出该二叉树的后序遍历序列。



## 第2章 计算机硬件系统

### 本章学习目标

计算机硬件系统是人们看得见摸得着的实体，是计算机系统的物质基础。没有这种物理实体，计算机系统功能的实现将成为空中楼阁。所以，有必要在学习计算机专业初期，首先学习计算机硬件系统的相关基础知识。

本章介绍了计算机硬件系统的组成，包括：运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备 5 大部分。同时又介绍了各组成部分的功能、类型、特点、注意事项及各部分之间的联系。

通过本章的学习，读者应掌握计算机系统的基本结构和工作原理，了解各种各样的输入/输出设备，为今后的学习打下良好的基础。

### 2.1 计算机硬件系统的组成

计算机硬件是组成一台计算机的各种物理装置，是计算机进行工作的物质基础。第一代电子计算机到第四代计算机的体系结构都是相同的，都属于冯·诺依曼体系结构。

#### 2.1.1 冯·诺依曼体系结构计算机的特点

1945 年数学家冯·诺依曼（Von Neumann）等人，在研究 EDVAC 机时，提出了“存储程序”的概念。以此为基础的各类计算机，统称为冯·诺依曼机。它的特点可归结如下：

（1）计算机由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大部件组成。

（2）指令和数据以同等地位存放于存储器中，并可按地址寻访。

（3）指令和数据均用二进制码表示。

（4）指令由操作码和地址码组成，操作码用来表示操作的性质，地址码用来表示操作数在存储器中的位置。

（5）指令在存储器中按顺序存放。通常指令是顺序执行的，在特定条件下，可根据运算结果或设定的条件改变执行的顺序。

（6）机器以运算器为中心，输入/输出设备的数据传送通过运算器。

计算机的五大部件中，控制器和运算器是核心部分，称为中央处理器（Central Processing Unit, CPU），各部分之间通过相应的信号线进行相互联系。冯·诺依曼结构规定控制器是根据存放在存储器中的程序来工作的，即计算机的工作过程就是运行程序的过程。所以，为了使计算机能进行正常工作，程序必须预先存放在存储器中。因而，这种结构的计算机是按存储程序原理进行工作的。

2.1.2 微型计算机的硬件结构

20 世纪 70 年代计算机发展中最重大的事件莫过于微型计算机的诞生和普及。微型计算机开发的先驱是美国 Intel 公司年轻的工程师马西安·霍夫 (M.E.Hoff)，1969 年他接受日本一家公司的委托，设计台式计算器系统的整套电路。他把计算机的全电路做在 4 个芯片上，即中央处理器芯片、随机存取存储器芯片、只读存储器芯片和寄存器电路芯片，它们通过总线连接起来。微型计算机属于计算机发展史上的第四代计算机。

1. 微型计算机的定义

微型计算机 (Microcomputer) 是指以微处理器为基础，配以内存储器以及 I/O 接口电路和相应的辅助电路而构成的裸机。微处理器是指由一片或几片大规模集成电路组成的中央处理器。把微型计算机集成在一个芯片上即构成单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer)，简称单片机。

微型计算机系统 (Microcomputer System) 是指由微型计算机配以相应的外围设备 (如打印机、显示器、磁盘机等) 及其他专用电路、电源、面板、机架以及足够的软件构成的系统。综上所述，微型计算机通常可以简称为微型机或微机。一台微型计算机的硬件主要由中央处理器 (CPU)、存储器、输入设备和输出设备组成。

2. 微型计算机的结构

一台微型计算机的结构框图如图 2.1 所示。

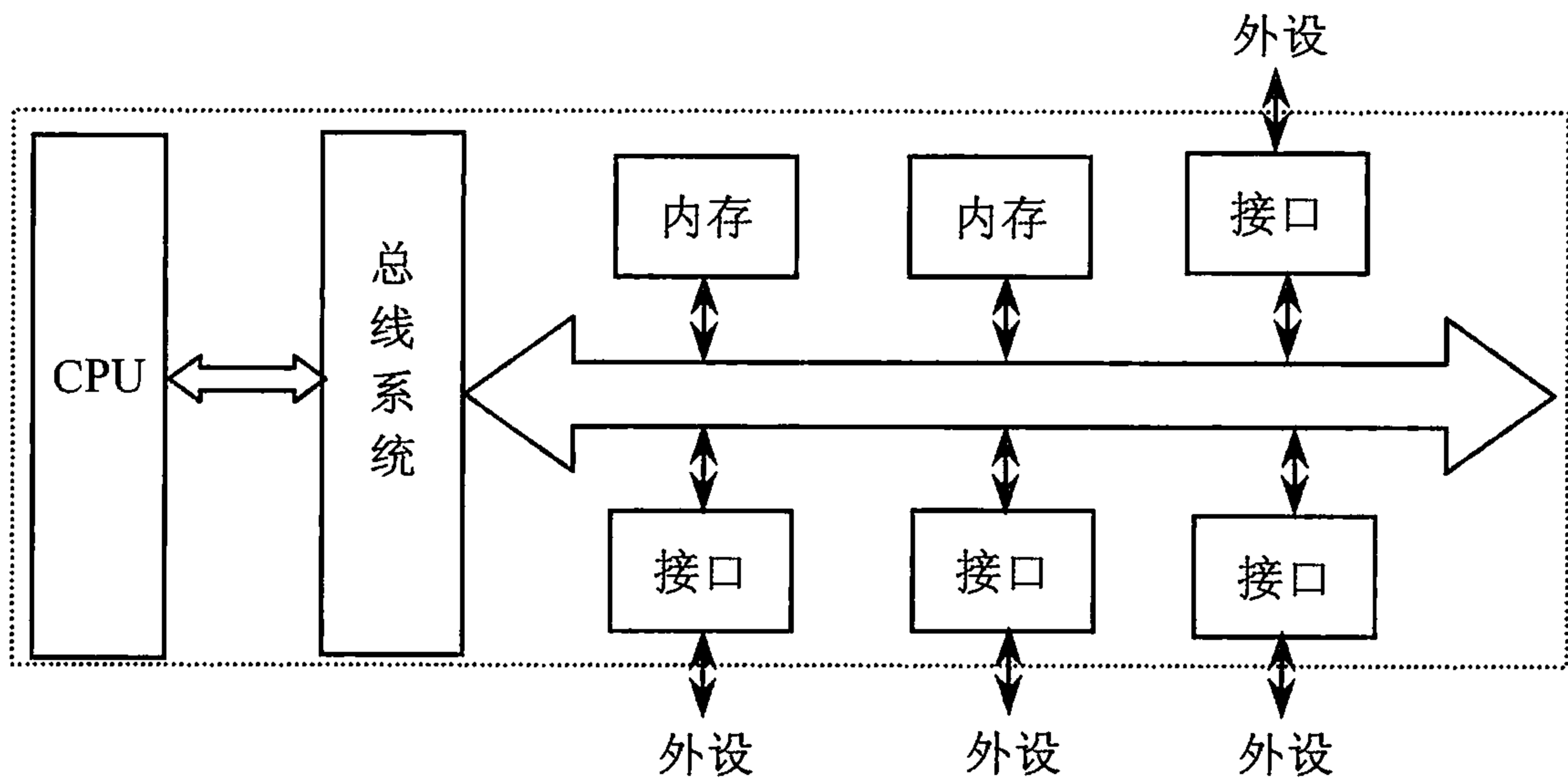


图 2.1 微型计算机的结构框图

它由微处理器、内存储器和 I/O 接口电路组成，采用总线结构来实现相互之间的信息传送。总线是微处理器、内存储器和 I/O 接口之间相互交换信息的公共通路。总线由数据总线、地址总线和控制总线组成，数据总线是从微处理器向内存储器、I/O 接口传送数据的通路，同时它也是从内存储器、I/O 接口向微处理器传送数据的通路，因为它可以在两个方向往返传送数据，称为双向总线。地址总线是微处理器向内存储器和 I/O 接口传送地址信息的通路，它是单向总线，只能从微处理器向外传送。控制总线是微处理器向内存储器和 I/O 接口传送的命令信号以及外界向微处理器传送状态信号等信息的通路。

3. 微处处理器、微型计算机和微型计算机系统的关系

这三者的关系如图 2.2 所示。

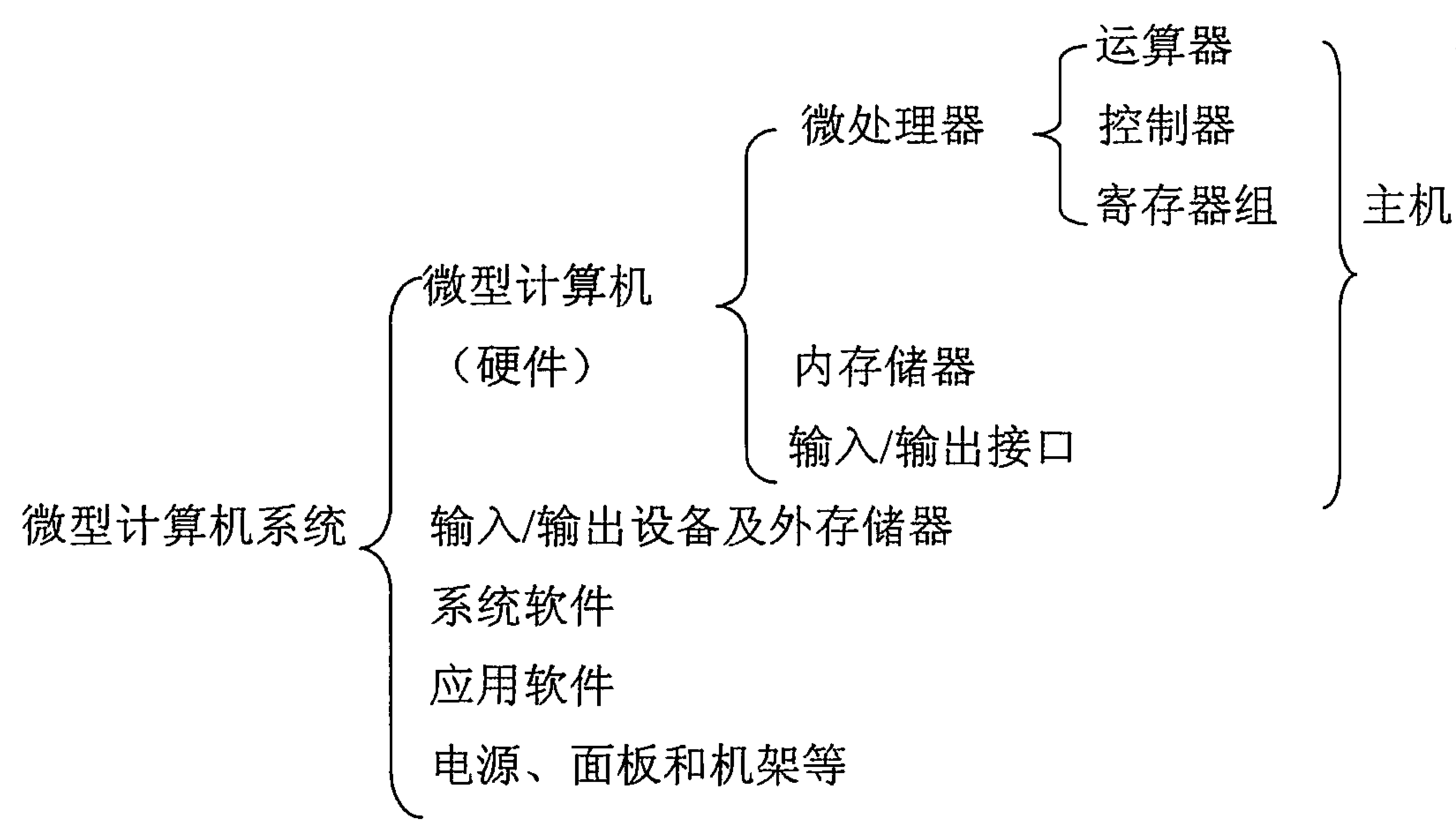


图 2.2 微处理器、微型计算机和微型计算机系统的关系

此外，微型计算机内部的连接方式都是采用总路线结构，即 CPU、内存、I/O 接口各大部件之间通过一组公共的信号线联系起来，这组信号线叫做板级总线或板间总线，一般人们习惯只称作总线。有关总线的概念在第 2.3.2 节中将详细介绍。

## 2.2 微型计算机的“主机”

### 2.2.1 系统主板

系统主板又叫系统板或母板，它是整个计算机系统的通信网。它安装在机箱内，是微机最基本的也是最重要的部件之一。主板一般为矩形电路板，上面安装了组成计算机的主要电路系统，一般有 BIOS 芯片、I/O 控制芯片、键盘和面板控制开关接口、CPU 插座、内存插槽、扩充插槽等元件。另外，主板采用了开放式结构，主板上大都有 6 至 8 个扩展插槽，供 PC 机外围设备的控制卡（适配器）插接。通过更换这些插卡，可以对微机的相应子系统进行局部升级，使厂家和用户配置机型方面有更大的灵活性。总之，主板在整个微机系统中扮演着举足轻重的角色。可以说，主板的类型和档次决定着整个微机系统的类型和档次，主板的性能影响着整个微机系统的性能。系统主板实物图如图 2.3 所示。

#### 1. CPU 插座

CPU 插座就是主板上安装处理器的地方。主流的 CPU 插座主要有 Socket370、Socket 478、Socket 423 和 Socket A 几种。其中 Socket 478 则用于目前主流 Pentium4 处理器，如图 2.4 所示。

#### 2. 内存插槽

内存插槽是主板上用来安装内存的地方。目前常见的内存插槽为 SDRAM 内存、DDR 内存插槽。需要说明的是，不同的内存插槽，它们的引脚、电压、性能功能都是不尽相同的，不同的内存存在不同的内存插槽上不能互换使用。对于 168 线的 SDRAM 内存和 184 线的 DDR SDRAM 内存，其主要外观区别在于 SDRAM 内存金手指上有两个缺口，而 DDR SDRAM 内存只有一个。内存插槽实物图如图 2.5 所示。



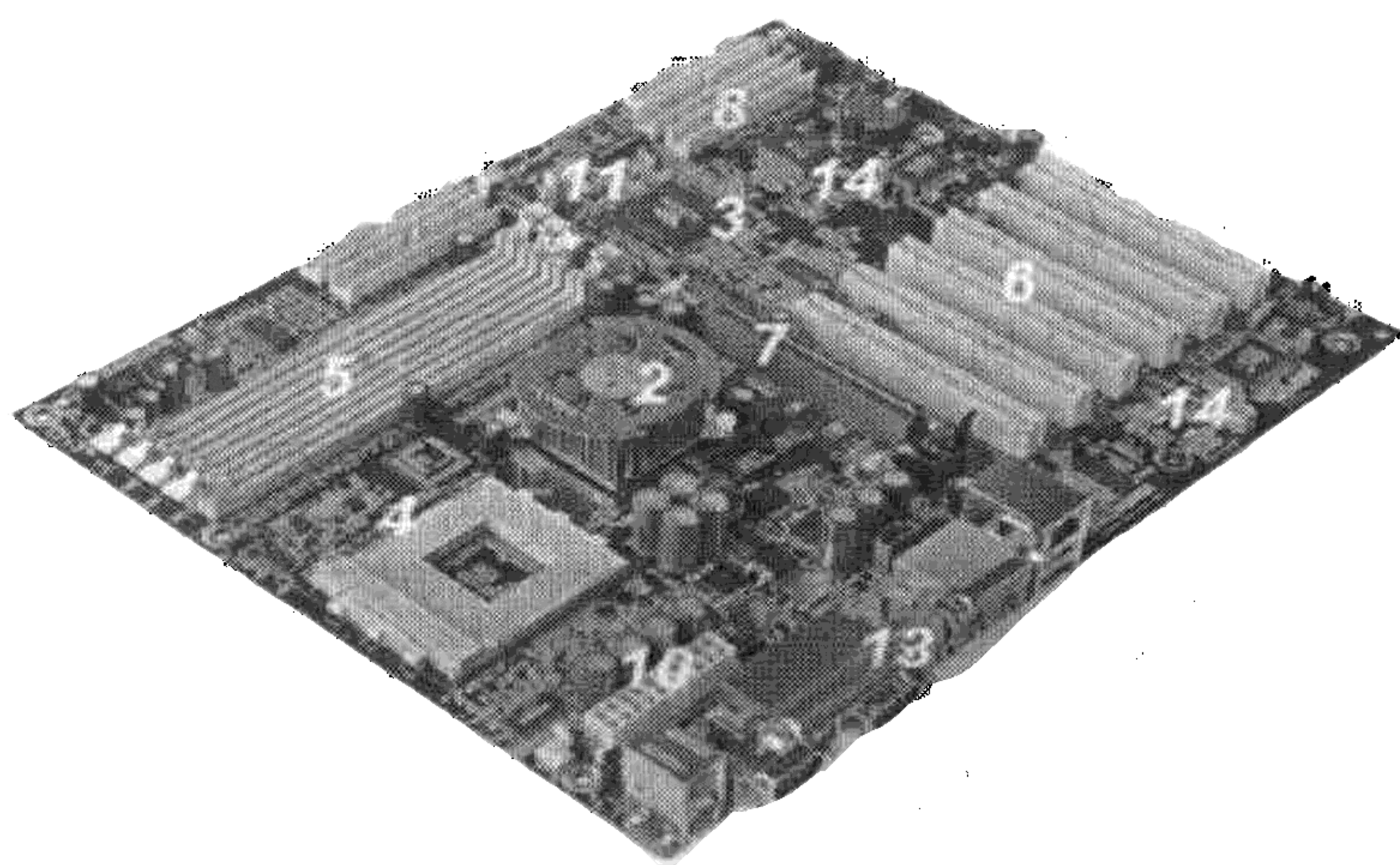


图 2.3 系统主板实物图

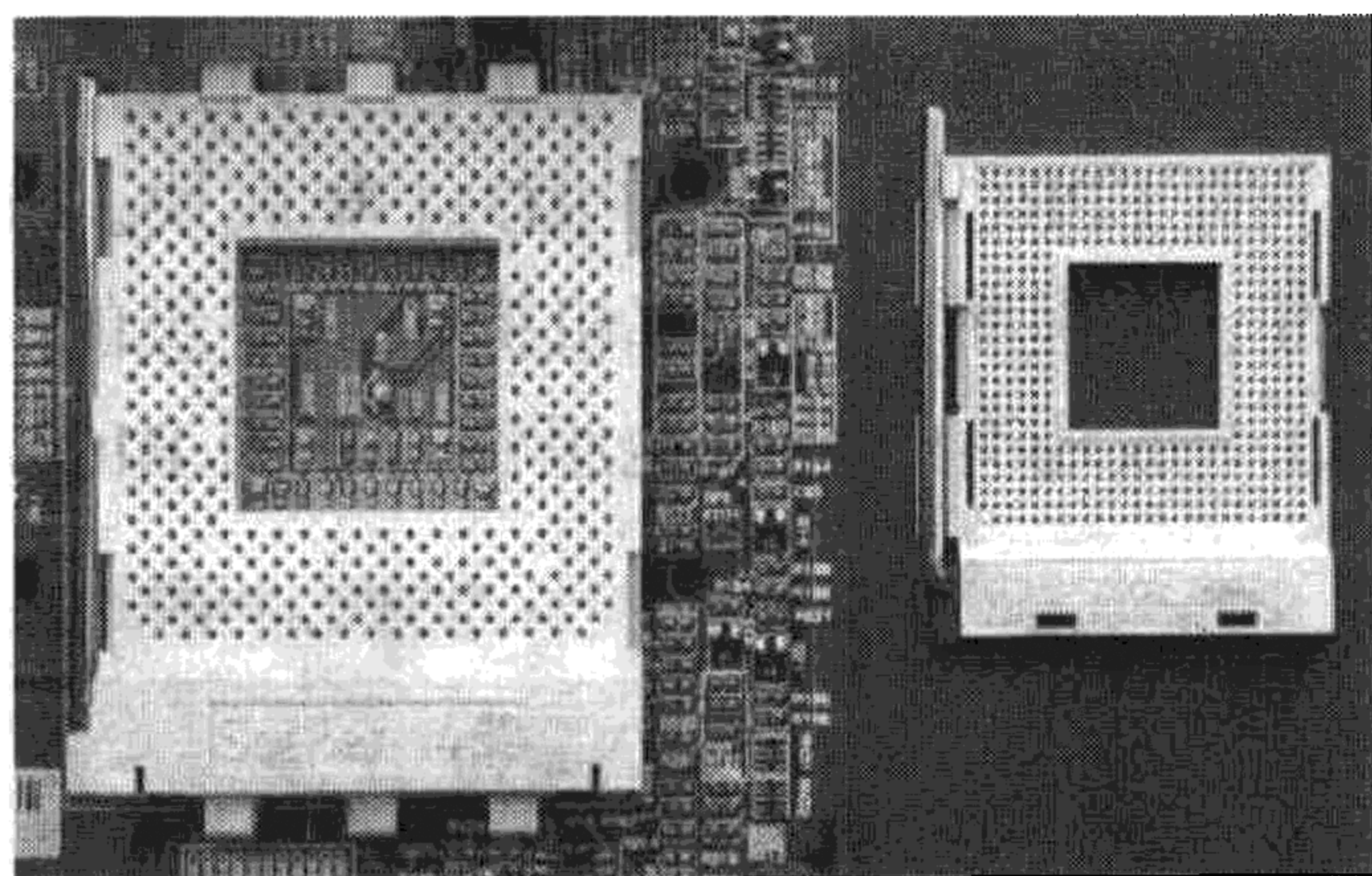


图 2.4 CPU 插座实物图

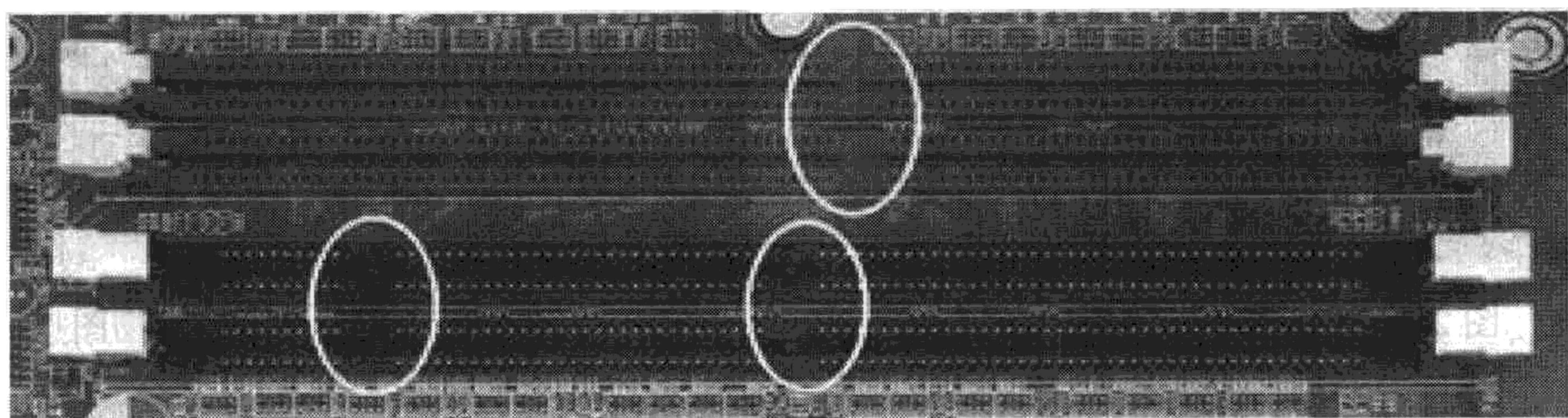


图 2.5 内存插槽实物图

3. PCI 插槽和 AGP 插槽

PCI (Peripheral Component Interconnect) 总线插槽是由 Intel 公司推出的一种局部总线。它定义了 32 位数据总线，且可扩展为 64 位。它为显卡、声卡、网卡、电视卡、MODEM 等设备提供了连接接口，它的基本工作频率为 33MHz，最大传输速率可达 132MB/s。PCI 插槽和 AGP 插槽实物图如图 2.6 所示。

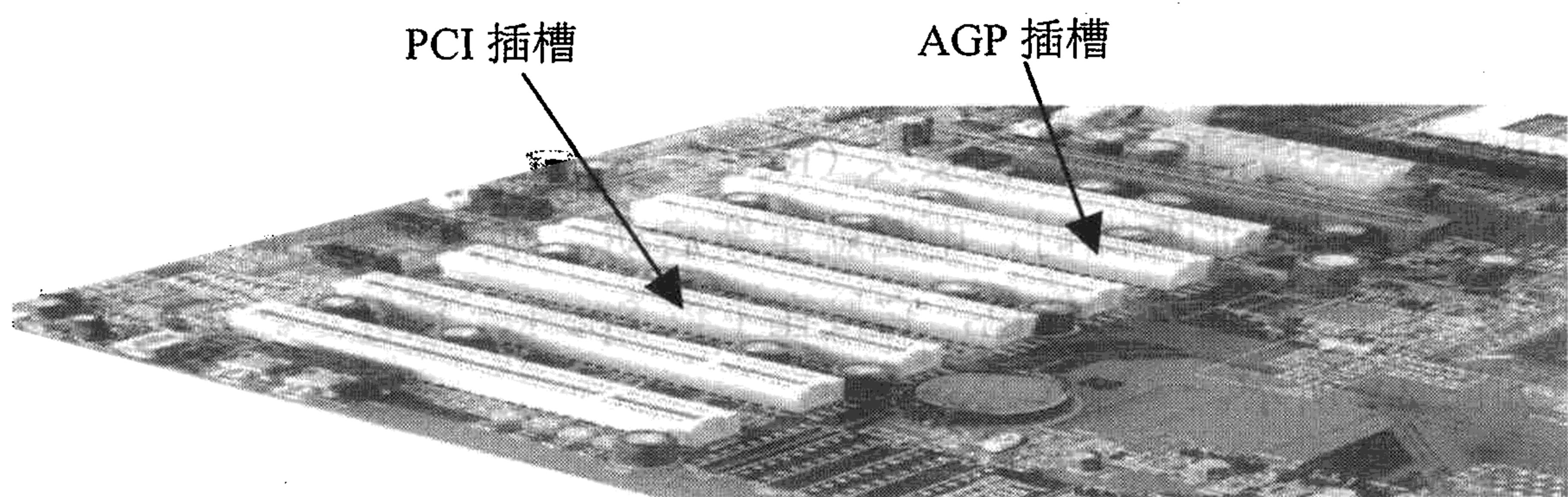


图 2.6 PCI 插槽和 AGP 插槽实物图

AGP 图形加速端口 (Accelerated Graphics Port) 是专供 3D 加速卡 (3D 显卡) 使用的接口。该接口让视频处理器与系统主内存直接相连，避免经过窄带宽的 PCI 总线而形成系统瓶颈，加快 3D 图形数据传输速度，而且在显存不足的情况下还可以调用系统主内存，所以它拥有很高的传输速率，这是 PCI 等总线无法与其相比拟的。

4. ATA 接口

ATA 接口是为连接硬盘和光驱等设备而设的。主流的 IDE 接口有 ATA33/66/100/133，如



图 2.7 所示。

### 5. BIOS 及电池

BIOS (BASIC INPUT/OUTPUT SYSTEM) 基本输入/输出系统是一块装入了启动和自检程序的 EPROM 或 EEPROM 集成块。实际上它是被固化在计算机 ROM (只读存储器) 芯片上的一组程序, 为计算机提供最低级的、最直接的硬件控制与支持。除此而外, 在 BIOS 芯片附近一般还有一块电池组件, 它为 BIOS 提供了启动时需要的电流, 如图 2.8 所示。

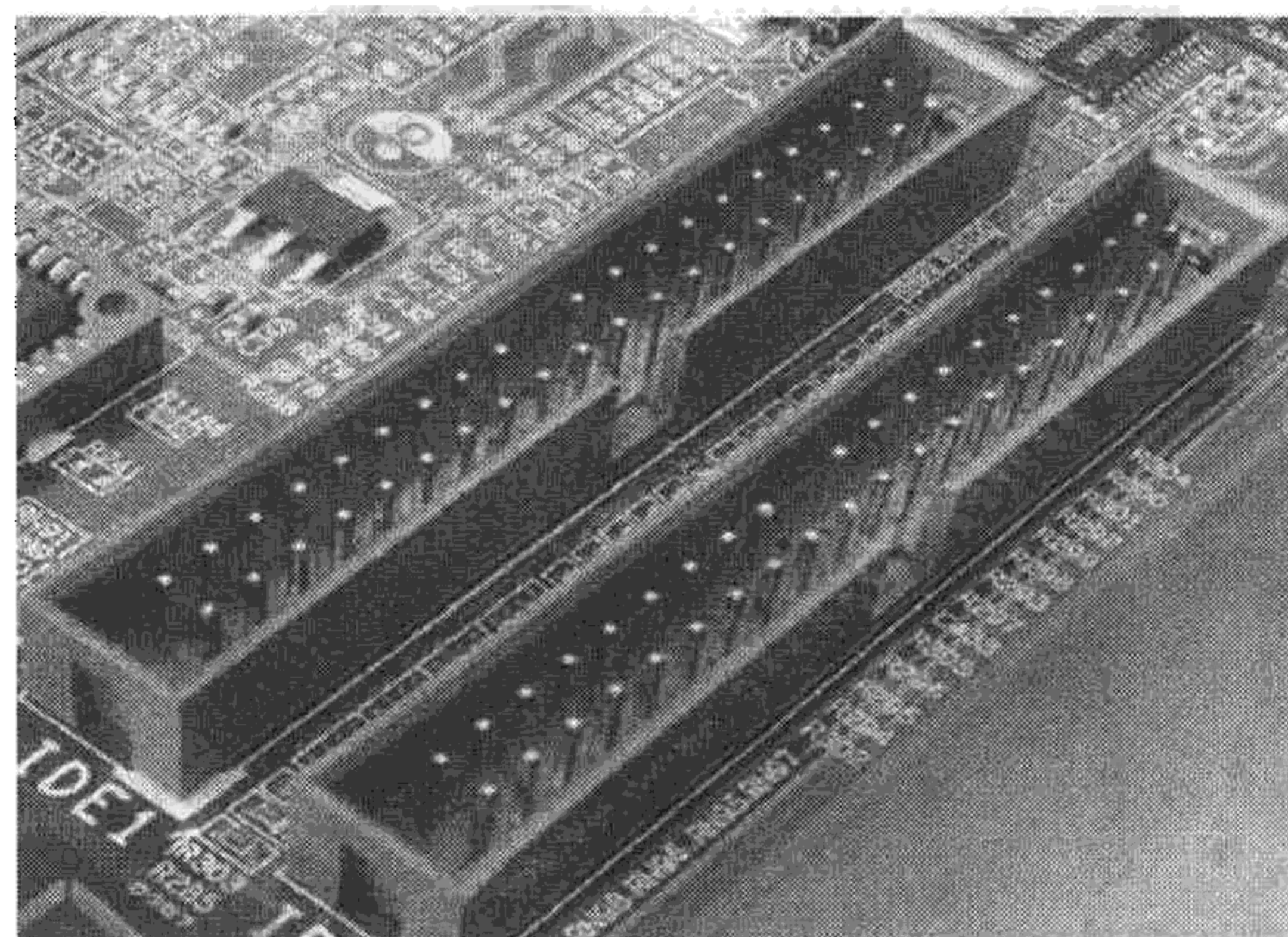


图 2.7 ATA 接口实物图

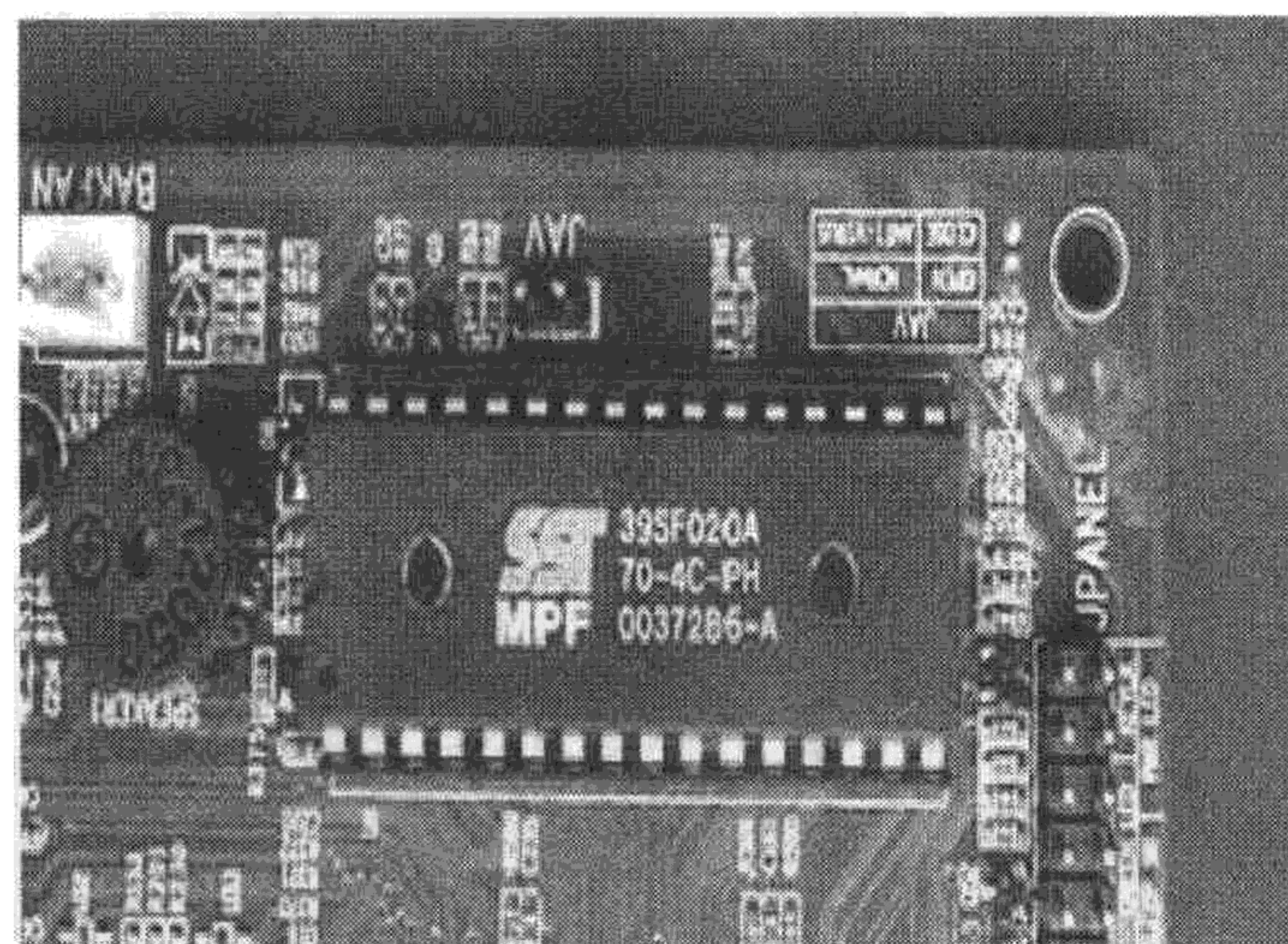


图 2.8 BIOS 及电池实物图

### 6. 机箱前置面板接头

机箱前置面板接头是主板用来连接机箱上的电源开关、系统复位、硬盘电源指示灯等排线的地方。一般来说, ATX 结构的机箱上有一个总电源的开关接线 (Power SW), 它是个两芯的插头, 它和 Reset 的接头一样, 按下时短路, 松开时开路, 按一下, 电脑的总电源就被接通了, 再按一下就关闭了。

而硬盘指示灯的两芯接头, 一线为红色。在主板上, 这样的插针通常标着 IDE LED 或 HD LED 的字样, 连接时要红线对一。这条线接好后, 当电脑在读写硬盘时, 机箱上硬盘的灯会亮。电源指示灯一般为两或三芯插头, 使用 1、3 位, 1 线通常为绿色。在主板上, 插针通常标记为 Power LED, 连接时注意绿色线对应于第一针(+). 当它连接好后, 电脑一打开, 电源灯就一直亮着, 指示电源已经打开了。而复位接头 (Reset) 要接到主板上 Reset 插针上。主板上 Reset 针的作用是这样的: 当它们短路时, 电脑就重新启动。而 PC 喇叭通常为四芯插头, 但实际上只用 1、4 两根线, 一线通常为红色, 它接在主板上 Speaker 插针上。在连接时, 注意红线对应 1 的位置, 如图 2.9 所示。

### 7. 外部接口

ATX 主板的外部接口都是统一集成在主板后半部的。现在的主板一般都符合 PC'99 规范, 也就是用不同的颜色表示不同的接口, 以免搞错。一般键盘和鼠标都是采用 PS/2 圆口, 只是键盘接口一般为蓝色, 鼠标接口一般为绿色, 便于区别。而 USB 接口为扁平状, 可接 MODEM、光驱、扫描仪等 USB 接口的外设, 如图 2.10 所示。

系统主板就像一座城市, CPU 犹如行政领导机构; 存储器类似住宅、宾馆、仓库、广场; 总线则是大街小巷及交通指挥中心; 插槽则更像车站、码头、机场, 代表它与外界交换数据的能力; 电源则是供应能量的电厂。通常, 电源在主板上只是一个插座, 电源电路不在主板上。



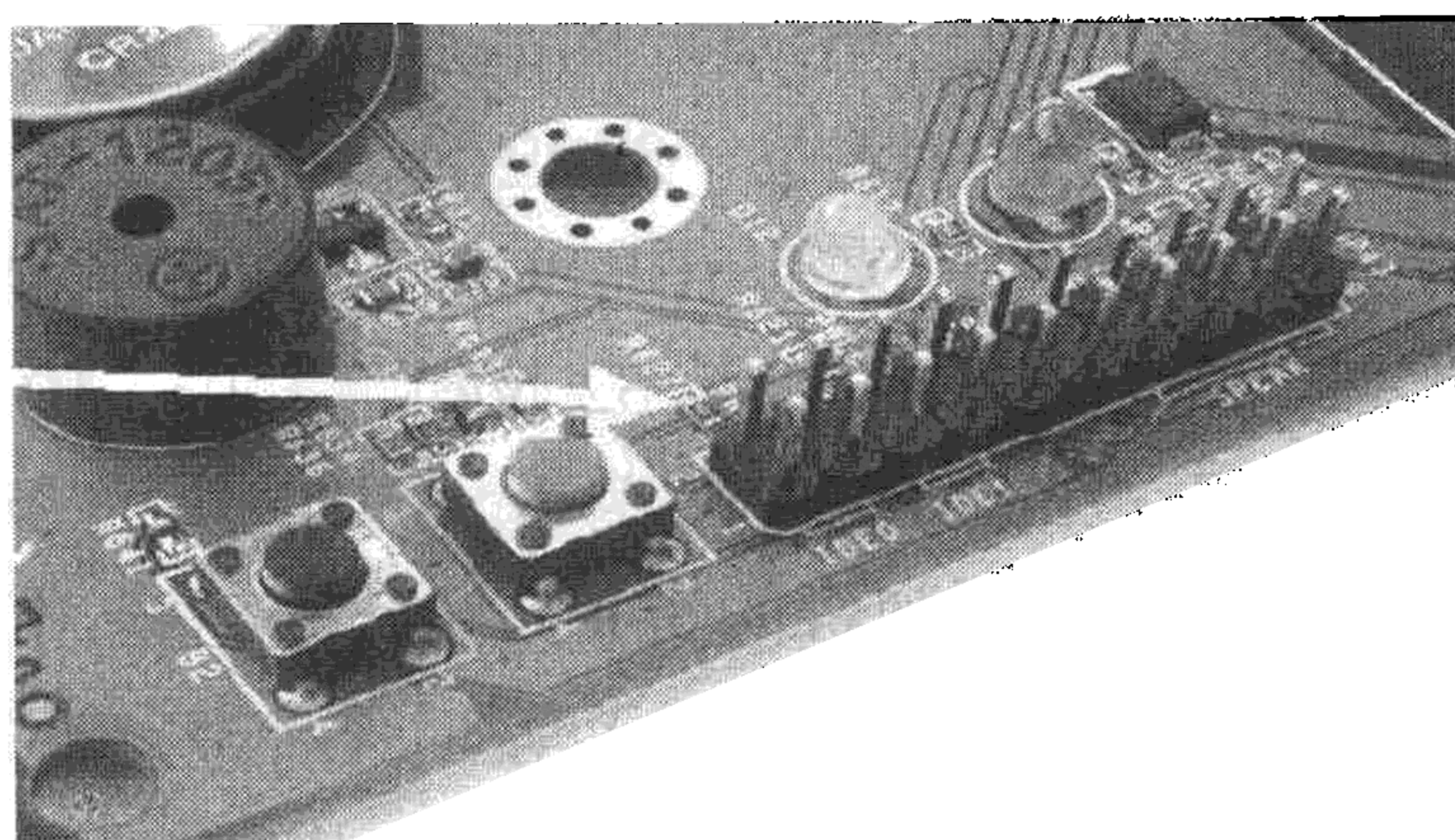


图 2.9 机箱前置面板接头实物图

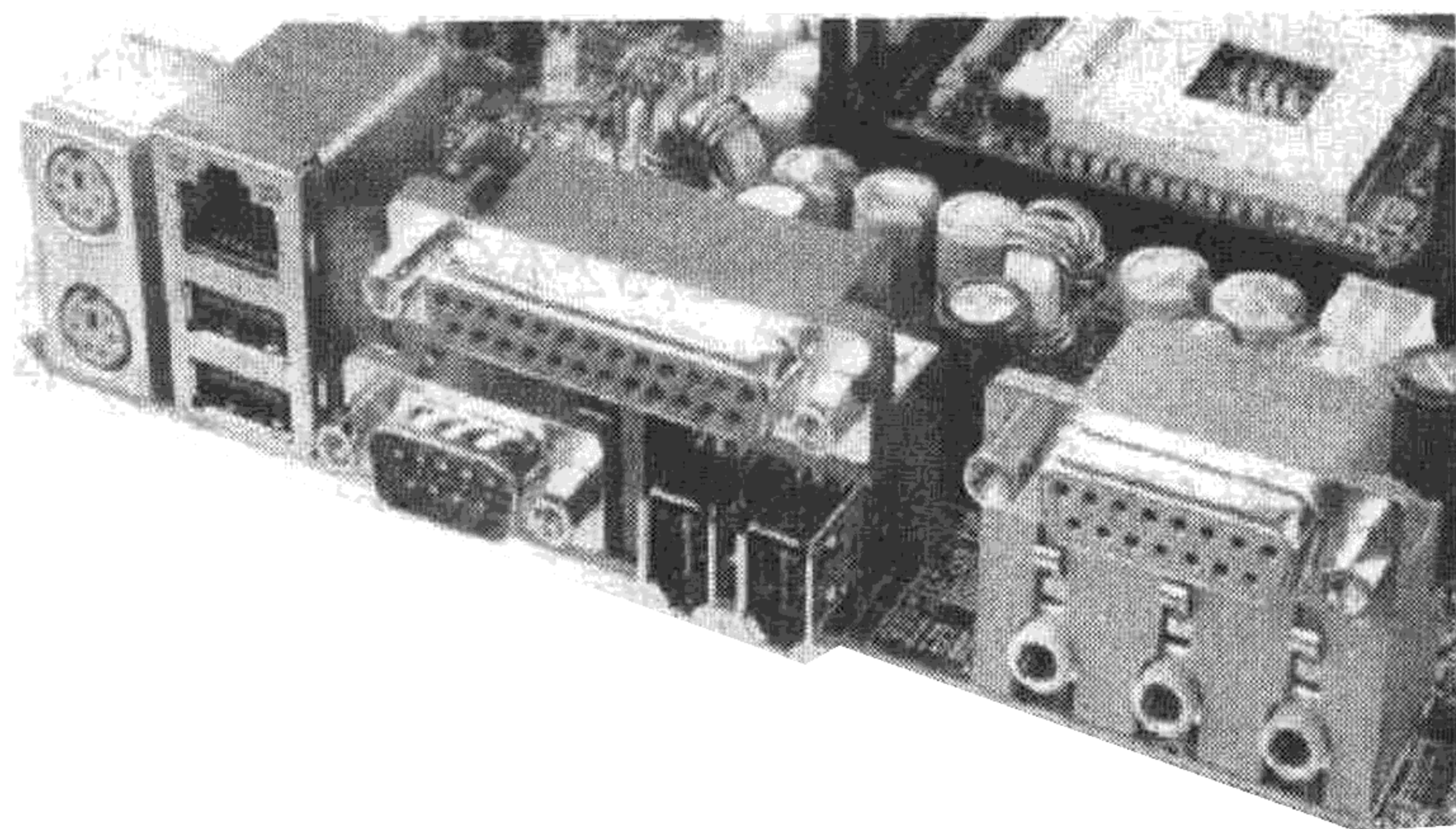


图 2.10 外部接口实物图

2.2.2 微处理器

伴随着大规模和超大规模集成电路技术的发展，人们将运算器和控制器集成在一个芯片上，称之为微处理器，如图 2.11 所示。这种微处理器在微型计算机中充当了中央处理器(CPU)，它是计算机系统的核心。

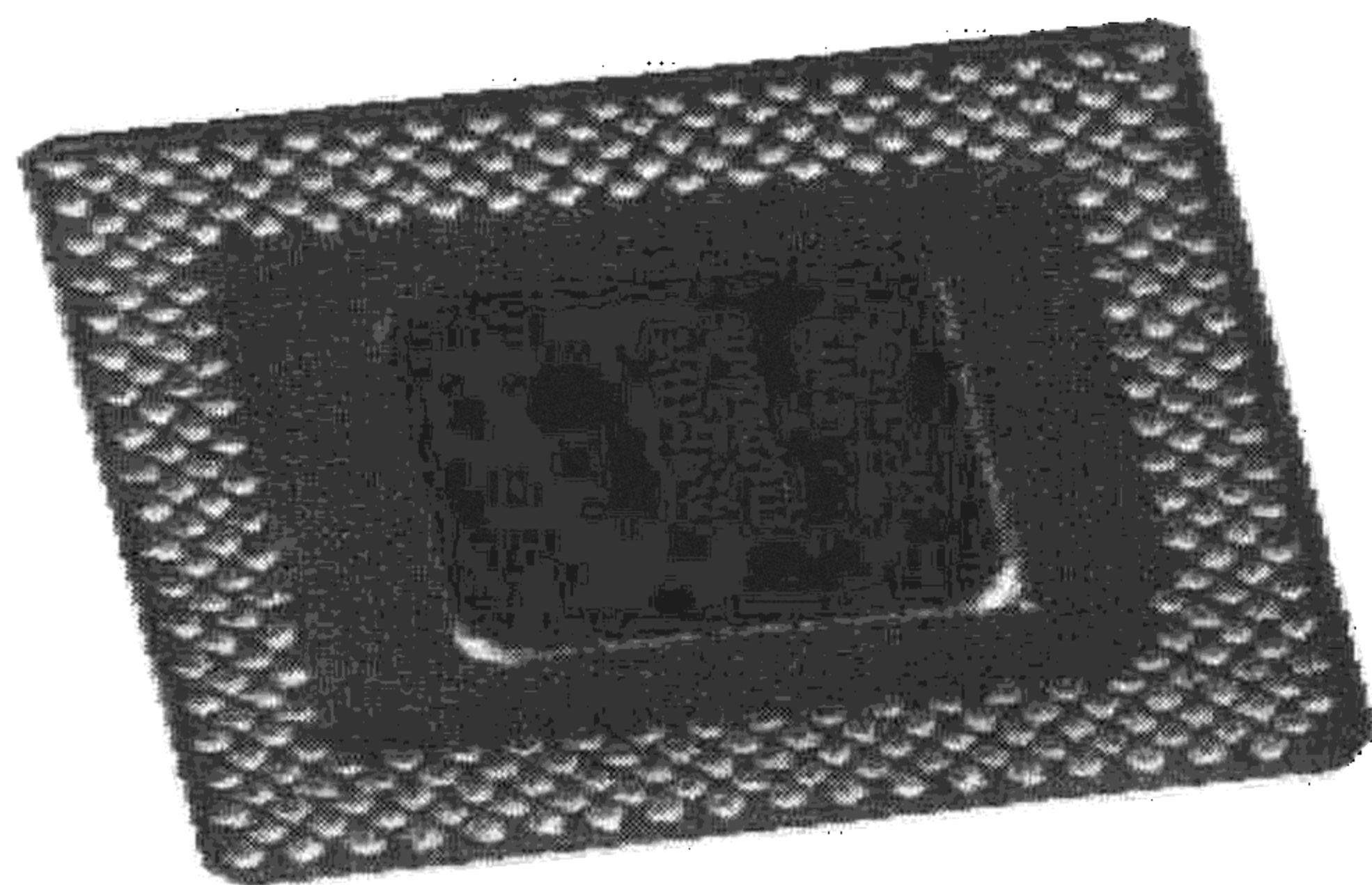


图 2.11 微处理器芯片

1. 微处理器功能

计算机所发生的全部动作都受微处理器的控制，其中运算器主要完成各种算术运算和逻辑运算。运算器是对信息加工处理的部件，由进行运算的运算器件及用来暂时寄存数据的寄存器、累加器等组成。

控制器是对计算机发布命令的“决策机构”，用来协调和指挥整个计算机系统的操作，它通过读取各种指令，并对其进行解释、分析，而后对各部件做出相应的控制。它主要由指令寄存器、译码器、程序计数器、操作控制器等组成。

寄存器是微处理器作算术运算和逻辑运算时，用来临时寄存中间数据或地址的存储器件。它们的硬件组成类似于内存的存储单元，只是操作速度比内存的更快，容量更小，每位价格更高，它们通常放在 CPU 内部，并由控制单元控制。

2. 微处理器性能指标

在微型计算机中，微处理器（简称 CPU）是计算机的心脏。CPU 品质的高低直接决定了计算机系统的档次，衡量 CPU 性能的主要技术指标有：字长、主频、外频、倍频系数、高速缓存（Cache）容量及流水线技术等。

(1) 字长。



机器的字长是指 CPU 一次能处理的数据位数。它是 CPU 的一个重要的品质标志。人们通常所说的 8 位机、16 位机、32 位机即指 CPU 可同时处理 8 位、16 位、32 位的二进制数据，即机器的字长是 8 位、16 位、32 位。8 位机是早期的微型机产品，后来的 IBP PC/XT、IBM PC/AT 及 286 机均是 16 位机，386 机和 486 机是 32 位机，Pentium 系列机也是 32 位机。其中，IBM PC/XT 机的 CPU 芯片为 Intel8088、Intel8086，IBM PC/XT 机的 CPU 芯片为 Intel80286，而 386 机、486 机的 CPU 芯片分别为 Intel80386、80486，Pentium 系列机的 CPU 芯片先后推出了 Pentium、Pentium II、Pentium III、Pentium IV 和 Pentium D（双核微处理器）等。目前微型计算机上配置的 CPU 是 Pentium D 和 Pentium EE，它们都是在 Pentium IV 的基础上开发出的加强版，Pentium EE 提高了频率和缓存容量，Pentium D 相当于集成了两个 Pentium 4 核心。

### （2）主频、外频和倍频。

主频即 CPU 的时钟频率，单位是 MHz，用来表示 CPU 的运算速度。一般说来，主频越高，CPU 的速度越快。但由于内部结构不同，并非所有时钟频率相同的 CPU 的性能都一样。

外频是 CPU 的基准频率，单位也是 MHz，外频就是系统总线的工作频率。CPU 的外频决定着整块主板的运行速度。即在台式机中，我们所说的超频，都是超 CPU 的外频（当然一般情况下，CPU 的倍频都是被锁住的），相信这点是很好理解的。但对于服务器 CPU 来讲，超频是绝对不允许的。

倍频则是指 CPU 外频与主频相差的倍数。用公式表示就是：主频=外频×倍频。倍频系数是指 CPU 主频与外频之间的相对比例关系。在相同的外频下，倍频越高 CPU 的频率也越高。

### （3）高速缓存容量。

高速缓存大小也是 CPU 的重要指标之一，而且缓存的结构和大小对 CPU 速度的影响非常大，CPU 内缓存的运行频率极高，一般是和处理器同频运作，工作效率远远大于系统内存和硬盘。实际工作时，CPU 往往需要重复读取同样的数据块，而缓存容量的增大，可以大幅度提升 CPU 内部读取数据的命中率，而不用再到内存或者硬盘上寻找，以此提高系统性能。但是从 CPU 芯片面积和成本的因素来考虑，缓存都很小。

L1 Cache（一级缓存）是 CPU 第一层高速缓存，分为数据缓存和指令缓存。在 CPU 里内置了高速缓存可以提高 CPU 的运行效率。内置的 L1 高速缓存的容量和结构对 CPU 的性能影响较大，不过高速缓冲存储器均由静态 RAM 组成，结构较复杂，在 CPU 管芯面积不能太大的情况下，L1 级高速缓存的容量不可能做得太大。一般服务器 CPU 的 L1 缓存的容量通常在 32~256KB。

L2 Cache（二级缓存）是 CPU 的第二层高速缓存，分内部和外部两种芯片。内部的芯片二级缓存运行速度与主频相同，而外部的二级缓存则只有主频的一半。L2 高速缓存容量也会影响 CPU 的性能，原则是越大越好，现在个人用 CPU 的 L2 高速缓存容量最大的是 512KB，而服务器和工作站上用 CPU 的 L2 高速缓存可达 256KB 至 1MB，有的高达 2MB 或者 3MB。

### （4）流水线技术。

CPU 的流水线是指处理器内核中运算器的设计。处理器的流水线的结构就是把一个复杂的运算分解成很多个简单的基本运算，然后由专门设计好的单元完成运算。流水线技术是 Intel 首次在 486 芯片中开始使用的。流水线的工作方式就像工业生产上的装配流水线。在 CPU 中由 5~6 个不同功能的电路单元组成一条指令处理流水线，然后将一条 X86 指令分成 5~6 步后再由这些电路单元分别执行，这样就能实现在一个 CPU 时钟周期完成一条指令，因此提高了

CPU 的运算速度。

### 2.2.3 内存储器

存储器是计算机系统中的记忆设备，用来存放程序和数据。随着计算机的发展，存储器在系统中的地位越来越重要。由于超大规模集成电路的制作技术，使 CPU 的速度变得惊人的高，而存储器的取数和存数的速度与它很难匹配，这使得计算机系统的运行速度在很大程度上受存储器速度的制约。此外，由于 I/O 设备的不断增加，如果它们与存储器打交道都通过 CPU 来实现，这将大大降低 CPU 的工作效率。为此，出现了 I/O 设备与存储器的直接存取方式（DMA），这也使存储器的地位更为突出。尤其在多处理机的系统中，各处理机本身都需要与其内存交换信息，而且各处理机在互相通信，也都需共享存放在存储器中的数据。因此，存储器的地位就更为显要。

#### 1. 内存储器的特点

内存储器是指能够通过指令中的地址直接访问的存储器，用来存储正在被 CPU 使用的程序和数据。内存储器是计算机系统中不可缺少的部件，它的主要特点是可以和 CPU 直接交换信息。辅助存储器是内存存储器的后援存储器，用来存放当前暂时不用的程序和数据，它不能与 CPU 直接交换信息。两者相比，内存速度快、容量小、价格高。

#### 2. 内存储器的基本结构

内存储器包括存储体、各种逻辑部件及控制电路等。存储体由许多存储单元组成，每个存储单元又包含若干个存储元件（或称存储基元、存储元），每个存储元件能寄存一位二进制代码“0”或“1”。可见，一个存储单元可存储一串二进制代码，称这串二进制代码为一个存储字，这串二进制代码的个数叫存储字长。存储字长可以是 8 位、16 位或 32 位等。一个存储字可代表一个二进制数据，也可代表一串字符。如存储字为 0011 0110 0111 1101，既可表示为由十六进制字符组成的 367DH，又可代表 16 位的二进制数，此值对应十进制数为 13949，还可代表两个 ASCII 码：“3”和“}”，一个存储字还可代表一条指令。

如果把一个存储体比作一幢大楼，那么每个存储单元可看作大楼中的每个房间，每个存储元可看作每个房间中的一张床位。显然，每个房间都需有一个房间编号，因此，也赋予每个存储单元一个编号，叫做存储单元的地址号。内存的工作方式就是按存储单元地址号来实现对存储字各位的存（写入）、取（读出）。这种存取方式叫做按地址存取，即按地址访问存储器（简称访存）。

#### 3. 内存储器的分类

目前使用的内存储器主要分三类：随机存储器、只读存储器和互补金属氧化物半导体。

（1）随机存储器 RAM（Random Access Memory）。RAM 是一种可读写存储器，其特点是存储器的任何一个存储单元的内容都可以随机存取，而且存取时间与存储单元的物理位置无关，计算机系统中的大部分内存都采用这种随机存储器。由于存储信息原理的不同，RAM 又可分 SRAM（以触发器原理寄存信息）和 DRAM（以电容充放电原理寄存信息）。SRAM 的英文全称是“Static Random Access Memory”，翻译成中文就是“静态随机存储器”。SRAM 主要用于制造 Cache。DRAM 的英文全称是“Dynamic Random Access Memory”，翻译成中文就是“动态随机存储器”。DRAM 用于通常的数据存取。我们常说内存有多大，主要是指 DRAM 的容量。目前，微型计算机上最常用的内存是 DDR SDRAM（Double Data Rate



Synchronous Dynamic Random Access Memory 双数据率同步动态随机存储器）内存，如图 2.12 所示。

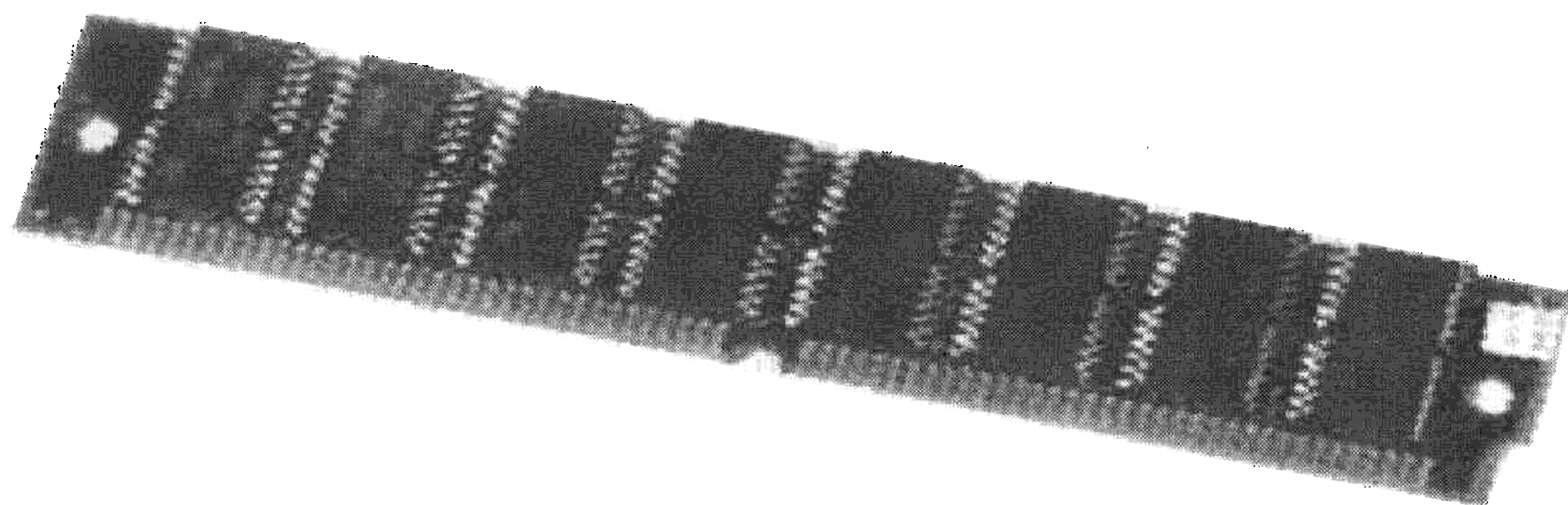


图 2.12 DDR SDRAM 内存条

(2) 只读存储器 ROM (Read Only Memory)。ROM 是能对其存储的内容读出，而不能对其重新写入的存储器。这种存储器一旦存入了原始信息，在程序执行过程中，只能将内部信息读出，而不能随意重新写入新的信息去改变原始信息。因此，通常用它存放固定不变的程序、常数以及汉字字库，甚至用于操作系统的固化。它与随机存储器可共同作为内存的一部分，统一构成内存的地址域。

早期只读存储器的存储内容根据用户要求，厂家采用掩膜工艺，把原始信息记录在芯片中，一旦制成后无法更改，因此称为掩膜型只读存储器 MROM (Masked ROM)。随着半导体技术的发展和用户需求的变化，只读存储器先后派生出可编程只读存储器 PROM (Programmable ROM)、可擦除可编程只读存储器 EPROM (Erasable Programmable ROM) 以及用电可擦除可编程的只读存储器 EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM)。近年来还出现了快擦型存储器 (Flash Memory)，它具有 EEPROM 的特点，而速度比 EEPROM 快得多。

(3) 互补金属氧化物半导体 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)。CMOS 提供了计算机系统的灵活性和可扩展性。在微型计算机中，它一般被用来存储计算机系统每次开机时所需的重要信息，例如计算机内存容量、键盘类型、鼠标、监视器以及磁盘驱动器的有关信息等。它与 RAM 的区别在于，CMOS 通过电池提供电源，即当关机时其存储的信息不会丢失；而它与 ROM 的区别在于，CMOS 的内容随着计算机系统配置的改变或用户设置的改变而发生变化。

## 2.3 输入输出系统及设备

计算机通过外围设备与外部世界通信或交换数据称为“输入/输出”。在微型计算机系统中，常用的外围设备有：键盘、鼠标、硬磁盘机、软磁盘机、光盘机、打印机、显示器、调制解调器、麦克、音箱、扫描仪，以及一些专用设备。

计算机或输入输出设备的厂商根据各种设备的输入输出要求，设计和生产各种适配卡，然后通过插入主板上的扩展槽连接外部设备。

### 2.3.1 扩展槽和适配卡

适配卡又称扩展卡 (expansion card)、控制卡 (controller card) 或接口卡 (interface card)。



系统主板上一般有多个扩展槽，是用来连接各种适配卡的，用户可以根据自己的需要插入各种各样的适配卡，连接各种各样的外围设备，这些扩展槽与系统板上的 I/O 总线相连，任何适配卡插入扩展槽后就可以通过 I/O 总线与 CPU 连接，PC 机的这种开放的体系结构为用户自己组合可选设备提供了方便。下面介绍几种常见的适配卡。

### 1. 显示卡

显示卡又称显示器适配卡，其功能是把显示器同主机连接起来，即显示设备的接口卡。它是插在系统主板的扩展槽中，显示卡上的连接器同显示器连接。随着微型计算机技术的发展，显示卡也发展了几种，如 MGA、CGA、EGA、VGA、SVGA 和 AVGA 等，它们分别表示单色显示卡、彩色图形显示卡、增强型图形显示卡、视频图形阵列显示卡、增强型 VGA 卡和加速的 VGA 卡。

图形卡的关键指标之一是刷新频率，它是衡量图形卡/显示器在屏幕上再现画面速度的标准。一般来说，为了防止眼睛疲劳和头痛，至少要把刷新频率设为 75Hz（有些人对 75Hz 的刷新频率仍感不适，这时可把刷新频率设为 85Hz）。

现在的显卡都是 3D 图形加速卡，如图 2.13 所示。它是连接主机与显示器的接口卡。其作用是将主机的输出信息转换成字符、图形和颜色等信息，传送到显示器上显示。显示卡插在主板的 PCI 或 AGP 扩展插槽中。现在也有一些主板是集成显卡的。每一块显示卡基本上都是由“显示主芯片”、“显示缓存”（简称显存）、“BIOS”、数字模拟转换器（RAMDAC）、“显卡的接口”以及卡上的电容、电阻等组成。多功能显卡还配备了视频输出输入，供特殊需要。

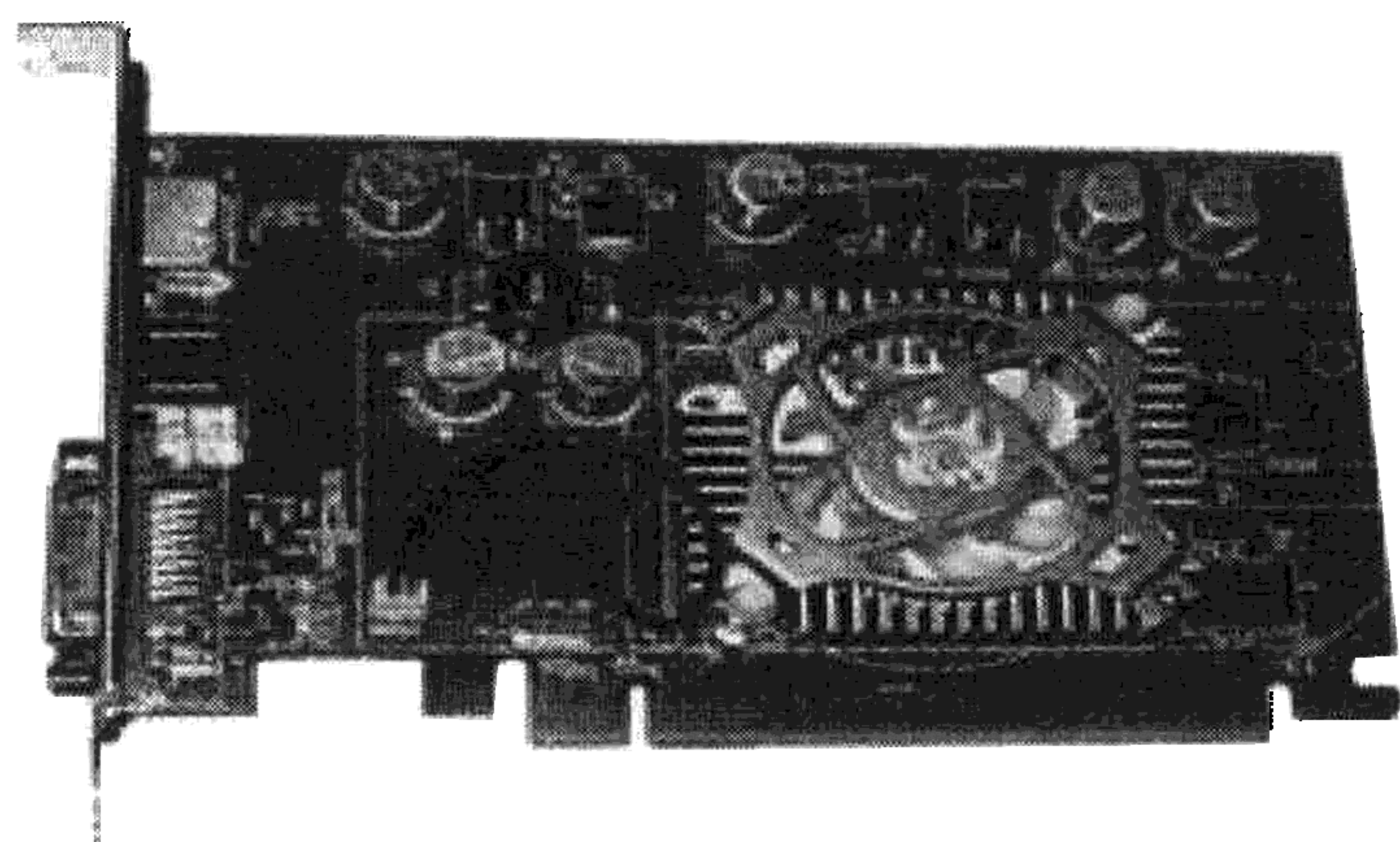


图 2.13 显示卡实物图

显示主芯片是显示卡的核心，其主要任务就是处理系统输入的视频信息并对其进行构建、渲染等工作。显示主芯片的性能直接决定着显示卡性能的高低，不同的显示芯片，不论从内部结构还是其性能，都存在差异，而其价格差别也很大。一般来说，越贵的显卡，性能自然越好。

显示卡的主芯片在整个显示卡中的地位固然重要，但显存的大小与好坏也直接关系着显示卡的性能高低。目前的显存主要有以下几种：

(1) SDRAM (Synchronous DRAM)。SDRAM 是现在应用最广的显存，SDRAM 现在已经成为显存市场上的主导产品，这主要是因为其低廉的价格和较佳的性能。

(2) SGRAM (Synchronous Graphics RAM)。SGRAM 是一种较新的显存，且它是专门为显示卡设计的，它改进了过去显存传输率低的缺点，使显示卡性能的提高成为可能。如今的显示卡有许多都采用了 SGRAM 作为显存。

显存容量是显卡上显存的容量数，这是选择显卡的关键参数之一。显存容量决定着显存

临时存储数据的多少，主流的显卡显存容量有 64MB、128MB 的产品。

最大分辨率是指显卡在显示器上所能描绘的像素点的数量。大家知道显示器上显示的画面是一个个的像素点构成的，而这些像素点的所有数据都是由显卡提供的，最大分辨率就是表示显卡输出给显示器并能在显示器上描绘像素点的数量。最大分辨率一定程度上跟显存有着直接关系，因为这些像素点的数据最初都要存储于显存内，因此显存容量会影响到最大分辨率，目前流行应用的 64MB、128MB 显存足以应付，目前的显示芯片都能提供 2048X1536 的最大分辨率，但绝大多数的显示器并不能提供如此高的显示分辨率，基本还没到这个分辨率，显示器就已经黑屏了。切记，显卡能输出的最大显示分辨率并不代表自己的机器就能达到，还必须要有足够强的显示器配套才可以。

## 2. 网络适配卡

网络适配卡也称为网络接口卡或网卡，它是计算机和计算机之间直接或间接传输介质互相通信的接口。网卡插在计算机的扩展槽中，它提供数据传输的功能，也是计算机与网络之间的逻辑和物理链路。网卡是物理通信的瓶颈，它的好坏直接影响用户将来的软件使用效果和物理功能的发挥。

目前，常用的有 10Mb/s、100Mb/s 和 10Mb/s/100Mb/s 自适应网卡，如图 2.14 所示。网卡的总线形式有 ISA 和 PCI 两种。值得指出的是，在高集成化的主板中，常常把网卡集成在主板上，而不再有单独的网卡。

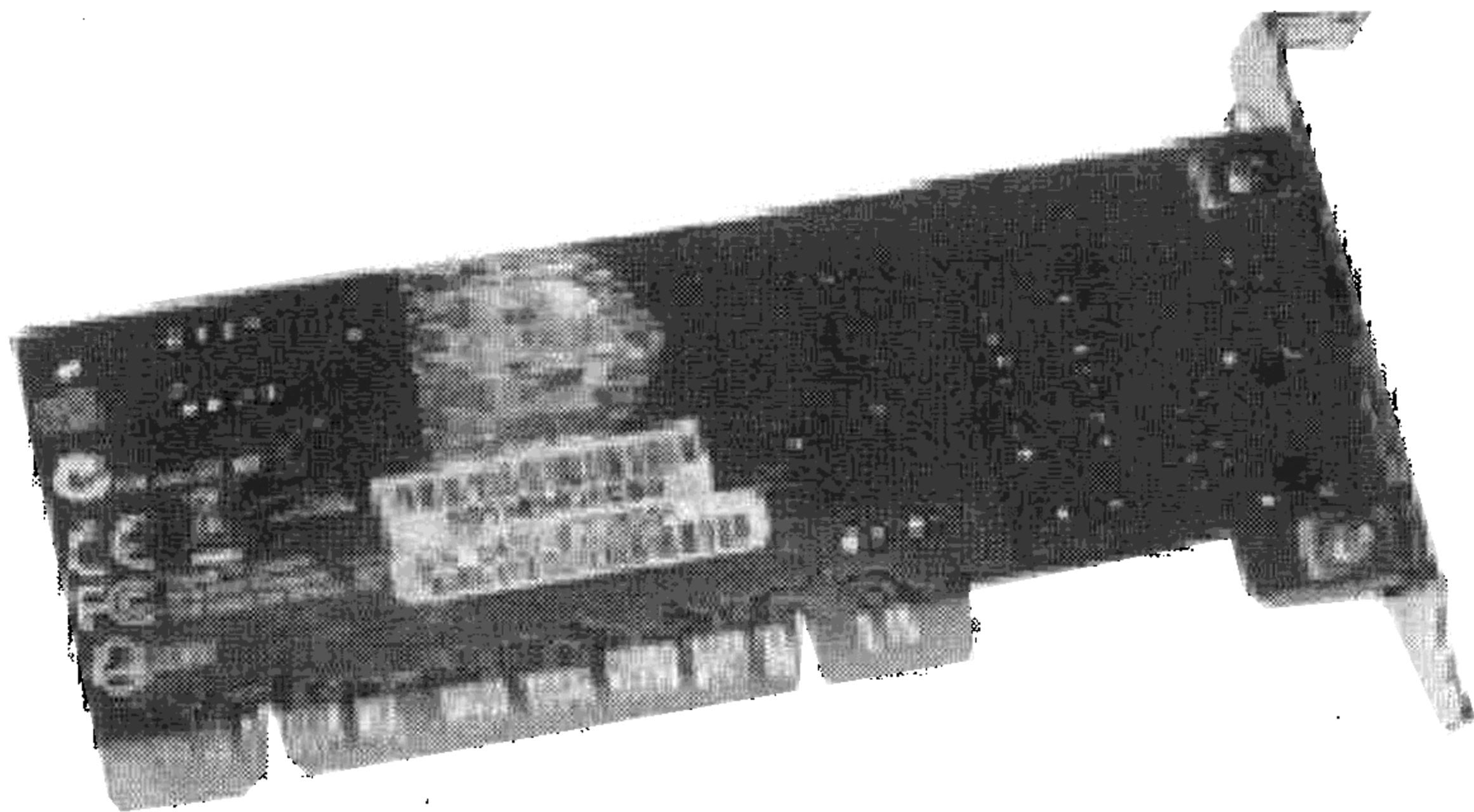


图 2.14 网卡实物图

## 3. 声卡和视频卡

(1) 声卡。声卡是多媒体设备最基本的部分，是实现声音 A/D、D/A（模/数、数/模）转换的硬件电路。声卡的功能与性能直接影响到多媒体系统中的音频效果。声卡上一般有几个功能单元：数字信号处理器、CD 音频连接器、音频控制芯片、混音器、合成器。

(2) 视频卡。多媒体计算机中处理活动图像的适配器称为视频卡。视频卡是一种统称，视频卡有视频叠加卡、视频捕获卡、电视编码卡、电视选台卡、压缩/解压卡等。

为了有效地使用适配卡，首先应把适配卡插入系统扩展槽，然后必须重新配置以便系统能识别该设备。不过，最近由 Intel、Microsoft 等公司开发的一组硬件和软件的即插即用（Plug and play）标准，使得计算机用户无需考虑上述复杂和困难的工作。它是在硬件和软件厂商的共同努力下，创建能够自动配置的操作系统、处理器单元，并自动搜索适配卡和其他设备。这样用户只需插入适配卡，然后开机即可（随着计算机的启动，它将自动搜索这些即插即用设备，并且自动配置这些设备和计算机系统）。



即插即用功能只有在同时具备了符合4个条件时才可以：即插即用的标准 BIOS、即插即用的操作系统、即插即用的设备和即插即用的驱动程序。

操作系统中，Windows 95 是最早支持即插即用的操作系统，但支持得不好，常常需要手工改动，而且容易产生隐患。Windows 98/Me 及以后的系统对即插即用的支持就比较成熟，都采用了 ACPI 规范作为即插即用方案的实现基础。Windows NT 不支持即插即用，但基于 NT 技术的 Windows 2000 和 Windows XP 操作系统能更好地支持即插即用。

### 2.3.2 系统总线

#### 1. 总线的基本概念

计算机系统主要部件（CPU、内存、I/O 系统）之间为了能交换数据和传送控制信号，需要进行互联，目前最流行的互联方式是共享系统总线。

总线（BUS）是连接多个部件的信息传输线，是各部件共享的传输介质。当多个部件与总线相连时，如果出现两个或两个以上的部件同时向总线发送信息，势必导致信号冲突，传输无效。因此，在某一时刻，只允许有一个部件向总线发送信息，而多个部件可以同时从总线上接收相同的信息。

总线实际上是由许多传输线或通路组成的，每条线可传输一位二进制代码，一串二进制代码可在一段时间内逐一传输完成。若干条传输线可以同时传输若干位二进制代码，如 16 条传输线组成的总线，可同时传输 16 位二进制代码。

在计算机系统含有多种总线，它们在计算机系统的各个层次提供部件之间的通信线路。在单 CPU 系统中总线大致分为三类：

- （1）内部总线。CPU 内部连接各寄存器及运算部件的总线。
- （2）系统总线。是指 CPU、内存、I/O 控制器、通道等各大部件之间的信息传输线。
- （3）I/O 总线。中、低速 I/O 设备之间相互连接的总线。

按系统传输信息的内容不同，总线又可分为地址总线、数据总线和控制总线。

（1）地址总线（AB）。地址总线主要用来指出数据总线上的源数据或目的数据在内存单元的地址。例如，欲从存储器中读出一个数据，则 CPU 要将此数据所在存储单元的地址送到地址总线上。又如，欲将数据经 I/O 设备输出，则 CPU 除了需将数据送到数据总线外，同时还需将该输出设备的地址（通常都经 I/O 接口）送到地址总线上。可见，地址总线上的代码用来指明 CPU 欲访问的存储单元或 I/O 端口地址，它是单向传输的。CPU 地址总线的宽度决定了存储单元的最大数目，如 20 根地址线的内存最多有  $2^{20}=1\text{MB}$  个存储单元。

（2）数据总线（DB）。数据总线用来传输各功能部件之间的数据信息，它是双向传输总线，其位数与机器字长有关，一般为 8 位、16 位或 32 位。数据总线的条数称为数据总线的宽度，它是衡量系统性能的一个重要参数，决定 CPU 速度的第一个要素就是数据总线宽度。

（3）控制总线（CB）。由于数据总线、地址总线都是被挂在总线上的所有部件共享的，如何使各部件能在不同时刻占有总线使用权，需依靠控制总线来完成，因此，控制总线是用来发出各种控制信号的传输线。对于任意一条控制线而言，它的传输只能是单向的。例如，存储器读/写命令、I/O 读/写命令都是由 CPU 发出的。但对于控制总线整体来说，又可认为是双向的。例如，I/O 设备也可以向 CPU 发出请求信号，如当某设备准备就绪时，便向 CPU 发中断请求。此外，控制总线还起到监视各部件状态的作用。如查询该设备是处于“忙”还是“闲”，



是否出错等。因此总体而言，控制信号既有输出又有输入。

从物理角度来看，总线是一组导线，许多导线直接印制在电路板上，延伸到各个部件。

## 2. 总线性能指标

总线性能指标主要包括以下几项：

(1) 总线宽度。它是指数据总线的根数。用 Bit（位）表示，如 16 位、32 位、64 位。

(2) 标准传输率。即在总线上每秒能传输的最大字节数，用 MB/s（每秒多少兆字节）表示。如总线时钟频率为 33MHz，总线宽度为 32 位，则它最大的传输率为 132MB/s。

(3) 信号线数。即地址总线、数据总线和控制总线三种总线的总和。

(4) 时钟同步/异步。总线上的数据与时钟同步工作的总线称同步总线，与时钟不同步工作的总线称异步总线。

(5) 总线复用。通常地址总线和数据总线在物理上是分开的两种总线，地址总线传输地址码，数据总线传输数据码，但为了提高总线的利用率，优化设计，特将地址总线和数据总线共用一组物理线路，只是某一时刻该总线传输地址信号，另一时刻传输数据信号。

(6) 其他指标。如总线控制方式、负载能力等。

## 3. 总线标准

总线标准是系统与各模块、模块与模块之间的互联的标准界面，这个界面对它两端的模块都是透明的，即界面的任一方只需根据总线标准的要求完成自身一面接口的功能要求，而无需了解对方接口与总线的连接要求。因此，按总线标准设计的接口视为通用接口。

目前流行的总线标准有：

(1) ISA（Industrial Standard Architecture，工业标准）总线。是一种 16 位总线结构，其总线时钟频率为 8MHz，最大传输率为 16MB/s，数据总线为 16 位，地址总线为 24 位。

(2) EISA（Extended Industrial Standard Architecture，扩展工业标准结构）总线。是一种在 ISA 总线基础上扩充开放的总线标准，它与 ISA 可以完全兼容，它从 CPU 中分离出了总线控制权，是一种具有智能化的总线。其总线时钟频率为 8MHz，最大传输率可达 33MB/s，数据总线为 32 位，地址总线为 32 位。

(3) PCI（Peripheral Component Interconnect，外部设备互联）总线。是一种 32 位总线标准，可扩展到 64 位，它与 CPU 时钟频率无关，自身采用 33MHz 总线时钟，数据总线为 32 位，数据传输率为 132MB/s~246MB/s。与 ISA、EISA 总线均兼容。目前，高性能的微型机主板上都设有该总线。

(4) AGP（Accelerated Graphics Port，图形加速接口）总线。它是随着三维图形的应用而发展起来的一种总线标准。三维图形对计算机速度提出了很高的要求，使得 PCI 总线传送速度变得很紧张，AGP 在图形与内存之间提供了一条直接访问通道。

### 2.3.3 端口和连接电缆

端口（Port）是系统单元和外围设备的连接槽。端口分为专用和通用两种。专用口是用于连接固定设备的，例如，鼠标和键盘端口；通用口具有通用性，如 COM 口、USB 口、LTP 口等。常用的端口一般通用性的比较多，并且它又分为串行口和并行口。

#### 1. 串行口

串行口（Serial port）主要用于连接鼠标、键盘和调制解调器等设备到系统单元。串行口

在单一导线上以二进制形式一位一位地传输，该方式特别适合于长距离的信息传输。

2. 并行口

并行口（Parallel port）适合连接短距离和高速信息传输的设备。它们在一个多导线的电缆上以字节为单位同时进行传输，最常见的是用并行口连接打印机。常用的并行口是单方向的，并且是输出方向的。

2.3.4 输入设备

输入设备完成输入程序、数据和操作命令等。当实现人工输入时，往往与显示器联用，以便检查和修正输入时的错误。也可以利用软盘、磁带等脱机录入的介质进行输入。现在专家们正在研究用语音直接实现的输入设备。目前，微机上常用的输入设备是键盘、鼠标、麦克、扫描仪等。

1. 键盘

键盘是微机的主要输入设备，用户发出的控制信息及输入的数据一般是通过键盘送给计算机的。键盘主要分为 3 个区：

- 主键盘区：由字母、数字、符号键、控制键等组成。
- 功能键区：键盘上边的 F1~F12 共 12 个功能键。
- 数字键/光标控制键区：位于键盘右边。

另外还有几个移动光标键，主要用于文字处理软件的编辑状态。

键盘由一组排列成阵列形式的按键开关组成，每按下一个键，则产生一个相应的扫描码，不同位置的按键对应不同的扫描码，键盘中的单片机将扫描码送到主机，再由主机将键盘扫描码转换成 ASCII 码。例如，按键 Esc 的扫描码是 01H，主机把这个扫描码转换成 ASCII 码 0001 1011。目前，微型机上常用的新式键盘是 107 键，如图 2.15 所示。

另外，对于键盘上各键的位置，应熟练掌握，操作时尽量像打字员一样十指同时使用，提高输入效率。键盘上的键都是可连续输入的，当连续按住某一键的时间超过 0.5 秒时，便自动以每秒 10 个字符的速度重复显示该字符，所以正确的键盘操作应是击键而不是按键。

2. 鼠标器

鼠标器（Mouse）是一种手持式坐标定位部件，由于它拖着一根长线与接口相连，外形有点像老鼠，故取名为鼠标器，如图 2.16 所示。

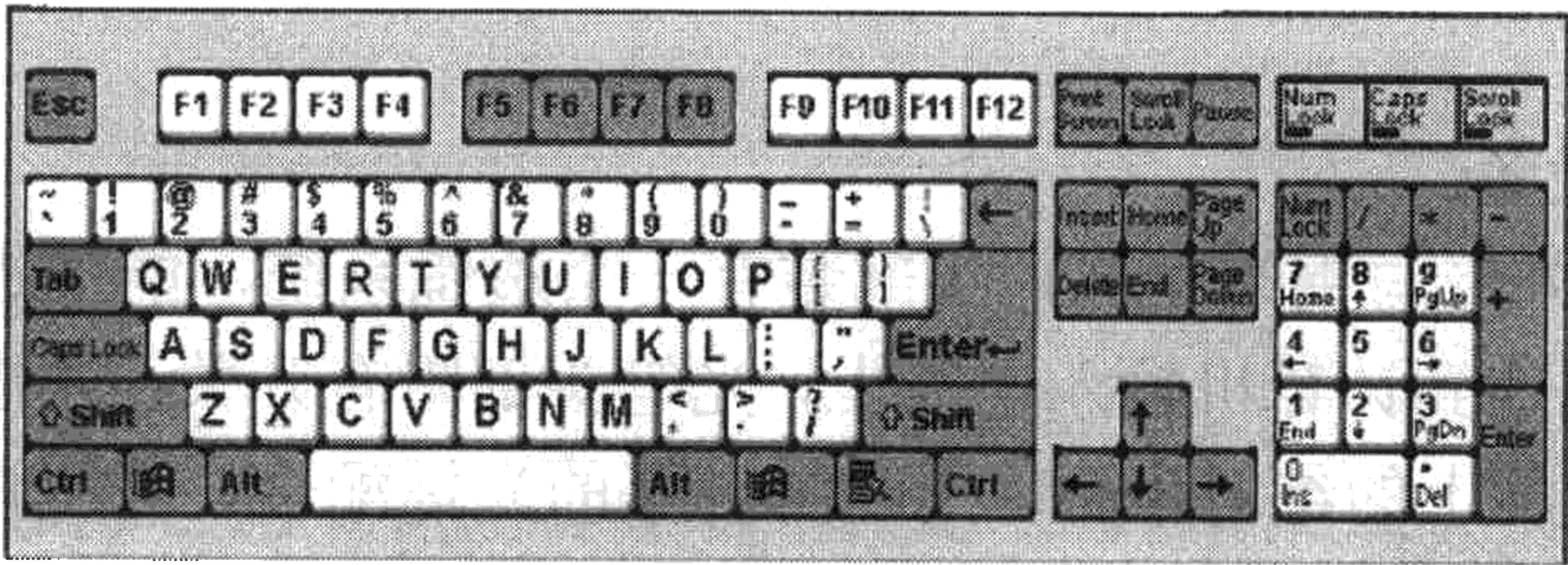


图 2.15 键盘

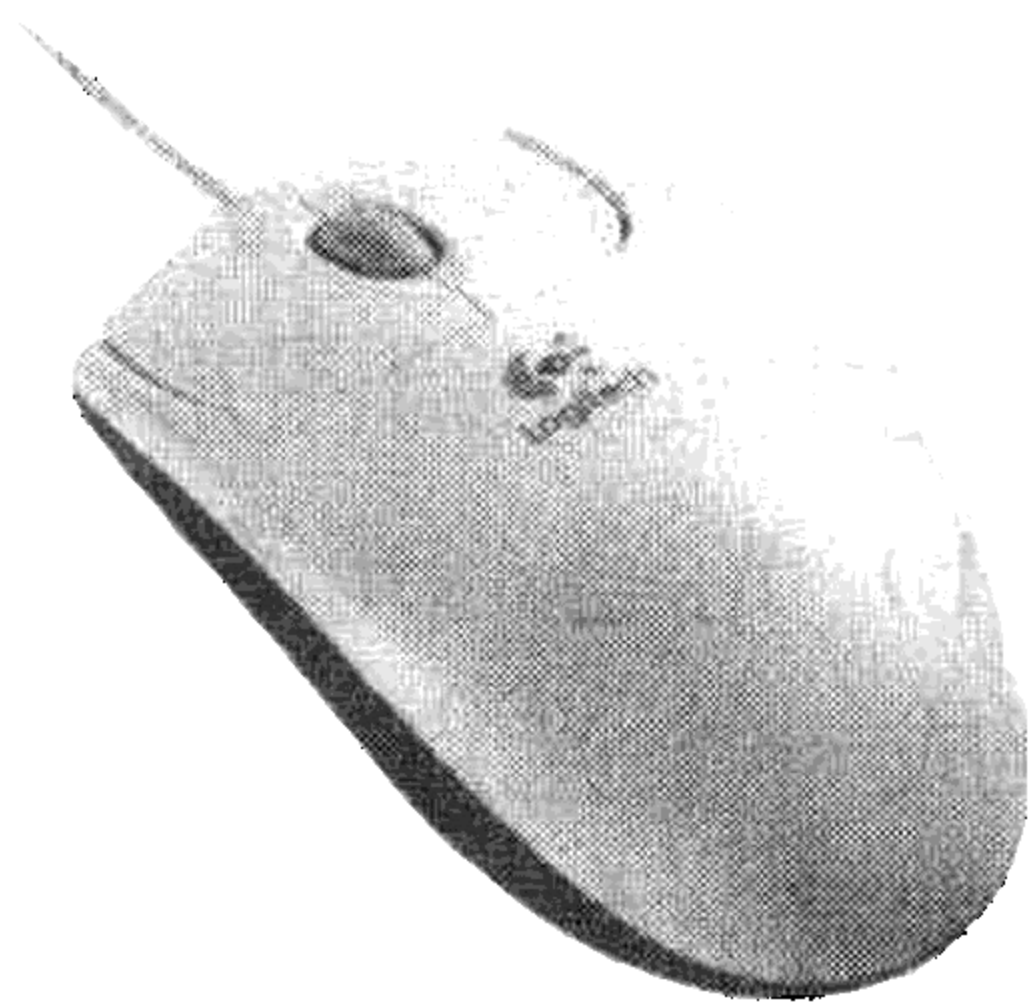


图 2.16 鼠标

鼠标器是一种控制显示器屏幕上光标位置的输入设备。在 Windows 软件中，使用鼠标器使操作计算机变得非常简单：在桌面上或专用的平板上移动鼠标器，使光标在屏幕上移动，选中屏幕上提示的某项命令或功能，并按一下鼠标器上的按钮就完成了所要进行的操作。鼠标器



上有一个、两个或三个按钮，每个按钮的功能在不同的应用环境中有不同的作用。鼠标器依照所采用的传感技术可分为机械式、光电式和机械光电式三种。

机械式鼠标器底部有一个圆球，通过圆球的滚动带动内部两个圆盘运动，通过编码器将运动的方向和距离信号输入计算机。

光电式鼠标器采用光电传感器，底部不设圆球，而是一个光电元件和光源组成的部件。当它在专用的有明暗相间的小方格的平板上运动时，光电传感器接受到反射的信号，测出移动的方向和距离。

机械光电式鼠标器是上述两种结构的结合。它底部有圆球，但圆球带动的不是机械编码盘而是光学编码盘，从而避免了机械磨损，也不需要专用的平板。

### 3. 触摸屏

触摸屏是一种附加在显示器上的辅助输入设备。借助这种设备，用手指直接触摸屏幕上显示的某个按钮或某个区域，即可达到相应的选择的目的。它为人机交互提供了更简单、更直观的输入方式。按触摸原理的不同，大致可分为 5 类：电阻式、电容式、表面超声波式、扫描红外线式和压感式。

任何一种触摸屏都是通过某种物理现象来测得人触及屏幕上各点的位置，从而通过 CPU 对此做出反应，由显示屏再现所需的位置。但是由于物理原理不同，它们适应的场合也不同。如电阻式能防尘、防潮，并可带手套触摸，适用于饭店、医院等。电容式触摸屏亮度高，清晰度好，也能防尘、防潮，但不可带手套触摸，并且易受温度、湿度变化的影响，因此，它适合于游戏机及公共信息查询系统使用。表面超声波触摸屏透明、坚固、稳定，不受温度、湿度变化的影响，是一种抗恶劣环境的设备。

### 4. 语音输入设备

语音输入设备（Voice-input device）能直接将人们的讲话转换成数字代码并输入到计算机。最广泛使用的语音识别系统由麦克、声卡和语音输入软件系统组成，这些系统使得用户能用语言命令进行文档处理和操纵计算机。

语音输入设备应用还不广泛，但是可以预见，在不久的将来语言识别将迅速走进大众生活，它将改变人们学习、工作和生活娱乐的方式。

### 5. 扫描仪

扫描仪是通过光学识别系统从数据源直接捕获数据，该系统能使计算机通过扫描可识别类型的印刷文本读入数据。

### 6. 其他输入设备

在此主要介绍图形、图像的输入设备。

（1）光笔。光笔（Light pen）的外形与钢笔相似，头部装有一个透镜系统，能把进入的光会聚成一个光点。光笔的后段用导线连到计算机输入电路上，光笔头部附有开关，当按下开关时，进行光检测，光笔便可拾取显示屏上的绝对坐标。光笔与屏幕的光标配合，可使光标跟踪光笔移动，在屏幕上画出图形或修改图形，类似人们用钢笔画图的过程。

（2）画笔与图形板。画笔（Stylus）为笔状，但不是光笔。它不用于 CRT 屏幕，而用于图形板（Tablet）。当画笔接触到图形板上的某一位置时，画笔在图形板上的位置坐标就会自动传送到计算机中，随着画笔在板上的移动可以画出图形。图形板和画笔构成二维坐标的输入设备，主要用于输入工程图等。将图纸贴在图形板上，画笔沿着图纸上的图形移动，即可输入工



程图。

(3) 图像输入设备。最直接的图像输入设备是摄像机 (Camera)，它能摄取任何地点、任何环境下的自然景物和各类物体，经数字量化后变成数字图像存入磁带或磁盘。

### 2.3.5 输出设备

输出设备和输入设备一样也有不同种类。从传统的打印输出到音频输出和机器人，计算机输出可谓多种多样。目前微机上常用的输出设备是显示器、打印机、音箱、绘图仪等。

#### 1. 显示器

显示器是微型计算机不可少的输出设备。显示器可显示输入的程序或数据及程序的运行结果等。目前，显示器分为以阴极射线管为核心的 CRT 显示器和平板显示器。目前，微机常用的显示器有 CRT 显示器和 LCD 液晶显示器。

(1) CRT 显示器。是一种使用阴极射线管的显示器，阴极射线管主要由五部分组成：电子枪、偏转线圈、荫罩、荧光粉层及玻璃外壳。CRT 纯平显示器具有可视角度大、无坏点、色彩还原度高、色度均匀、可调节的多分辨率模式、响应时间极短等 LCD 显示器难以超过的优点，而且现在的 CRT 显示器价格要比 LCD 显示器便宜不少。目前大多数 CRT 显示器是 SVGA (超级视频图形适配器)，其像素配置分别为低清晰度模式  $800 \times 600$  和高清晰度模式  $1024 \times 768$  (前一个数字代表水平方向像素数目，第二个数字代表垂直方向像素数目)。拥有更多像素的高清晰度模式提供了更清晰更细腻的图像。

显示器的分辨率是指显示设备所能表示的像素个数。像素越密，分辨率越高，图像越清晰。显示器的分辨率取决于显像管磷光体的粒度、显像管的尺寸和电子束的聚焦能力。

例如，某显示器的分辨率为  $1024 \times 768$ ，就表明该显示器在水平方向能显示 1024 个像素，在垂直方向能显示 768 个像素，即  $1024 \times 768$  个像素。

CRT 显示器具有功耗高、重量大、阴极射线管尺寸大等缺点，不适于便携式计算机。

(2) 平板显示器。平板显示器是指显示屏对角线的长度与整机厚度之比大于 4:1 的显示器件，包括液晶显示器 (LCD)、等离子体显示器 (GPD)、电致发光显示器 (ELD) 等。平板显示器有许多优点：薄型而轻巧，整机可做成便携式；电压低、无 X 射线辐射、没有闪烁抖动、不产生静电，因而不会有碍健康；功耗低，可用电池供电；大部分平板显示器的寿命比阴极射线管的长。LCD 是反射显示器，ELD 和 GPD 是发光显示器。其中，LCD 显示器发展最快，分辨率达到了  $1600 \times 1200$  像素，是目前常用的显示器之一。

#### 2. 打印机

打印机的种类很多，但按印字工作原理可分为两大类：击打式和非击打式。击打式打印机靠机械动作实现印字，如点阵式打印机、行式打印机都是击打式打印机，工作时噪声较大。激光打印机、喷墨打印机属于非击打式打印机，它们在印字过程中，无机械的击打动作，因此噪声较小。

(1) 点阵式打印机。点阵式打印机打印的字符或图形是以点阵的形式构成的。点阵是由打印机上打印头中的钢针通过色带打印在纸上。常见的是 24 针打印机。所谓 24 针即打印头上有 24 根钢针来形成字符或图形。这 24 根钢针垂直排成两列，每列 12 根钢针。

(2) 喷墨打印机。喷墨打印机是利用喷墨替代针打及色带。可直接将墨水喷到纸上实现印刷。它是利用换能器将墨点从喷墨头中喷出，然后根据字符发生器对喷出的墨点充以不同的

电荷，在偏转系统的作用下，墨点在垂直方向偏转，充电越多偏移的距离越大，最后落在纸上，印刷出各种字符或图像。喷墨打印机是在 20 世纪 90 年代初才开始出现的，它改变了传统针式打印机输出色彩单调的缺陷，将用户带入了一个五彩斑斓的打印世界；目前的喷墨打印机，也已经从最初的效果粗糙、输出缓慢、耗时较长，发展到现在的照片级效果、输出快速、操作简便，特别是最新的喷墨打印机整合了数码功能，这种类型的打印机具有很强的趣味性，它能根据打印用户的不同要求，打印出各种非常有趣的家庭数码影像效果。

由于喷墨打印机是非击打式，所以噪声较小，打印效果比点阵式打印机好。其缺点是目目前打印代价较高，喷头容易堵塞。

（3）激光打印机。激光打印机是激光技术和电子照相技术的复合产物。它利用电子照相原理，类似于复印机，但复印机的光源是用灯光，而激光打印机用的是激光。在控制电路的控制下输出的字符或图形变换成数字信号来驱动激光器的打开和关闭，对充电的感光鼓进行有选择的曝光，被曝光部分产生放电现象，而未曝光部分仍带有电荷，随着鼓的圆周运动，感光鼓充电部分通过碳粉盒时，使有字符或图像的部分吸附碳粉，当鼓和纸接触时，在纸反面施以反向静电电荷，将鼓上的碳粉附到纸上，这称为转印，最后经高压区定影，使碳粉永久粘附在纸上。

激光打印机噪声低，分辨率高，打印速度也较快，价格也高。目前在激光打印机市场上，相对出名的品牌有惠普、爱普生、佳能、利盟、理光、松下、施乐等系列，我国的方正品牌的激光打印机也占有了一定的市场份额。

### 3. 绘图仪

图形的输出工具主要有绘图仪和打印机两种。对 Windows 而言，不管是什么类型的输出设备，其接口驱动程序都是一样的，并且绘图仪、打印机、显示器的基本原理也都是相同的。

目前常用的绘图仪有 4 种：笔式绘图仪、喷墨式绘图仪、静电式绘图仪和直接成像式绘图仪。

（1）笔式绘图仪。笔式绘图仪（Pen plotter）一般是用铅笔或水笔在设计图纸上移动产生线条的方法来绘图的。其优点是价格低、容易维护，缺点是速度慢、不能绘制有立体感的图像。

（2）喷墨绘图仪。顾名思义喷墨绘图仪（Ink-jet plotter）是用喷墨的办法创建线图和彩色立体图像。其优点是比笔式绘图仪速度快、质量高、噪声小，缺点是喷嘴经常堵塞，需要专业人员维护。

（3）静电式绘图仪。静电式绘图仪（Electrostatic plotter）是采用静电电荷的办法，首先在特殊处理的纸张上创建高分辨率的“图像点”，然后纸张再通过显影剂，产生实际的图像输出。与上面介绍的两种绘图仪相比，它的速度更快、图像更清晰，缺点是它使用的化学剂价格昂贵并且具有一定的危险性。

（4）直接成像式绘图仪。直接成像式绘图仪（Direct-imaging plotter），又称热学绘图仪，使用热感应纸和电加热针创建图像。它的价格与静电绘图仪相差不多且性能相当可靠，缺点是纸张价格较贵。

### 4. 其他输出设备

（1）缩微输出设备。计算机输出缩微胶片（Computer Output Microfilm, COM）设备将计算机的输出信息转换成人们可阅读的形式，然后存放在缩微胶卷或缩微胶片上。COM 是最快的计算机输出技术之一，其速度至少比接触式打印机快 10 倍。通常一卷缩微胶卷含有 2000 张缩微胶片。COM 设备的使用能减少对打印机的过多依赖，它一般用于图书馆或每天产生大

量计算机输出的组织。

(2) 语音输出设备。在当今的自动化世界中, 语音输出设备已深入到许多场合, 例如, 在饮料自动销售机、电话和汽车中, 人们经常能听到合成的(声音)讲话。语音输出一般由预先录制的数字化声音数据库组成。

广泛使用的语音输出设备是微型计算机上配备的立体声喇叭(Stereo speaker)和耳机。这些设备通过系统扩展槽上的声卡连接到计算机, 声卡通过软件读取预先录制的数字化声音数据库, 并将之转换成声音输出所需的模拟信号送到语音输出设备。

语音输出设备通常被用作学习的强化工具, 例如帮助学生学习英语等。

### 2.3.6 辅助存储设备

辅助存储器作为内存的后援设备, 又称外部存储器, 简称外存, 它与内存相比, 具有容量大、速度慢、价格低、可脱机保存信息等特点, 属“非易失性”存储器。由于计算机的内存(RAM)具有易失性, 所以需要保存的数据必须由内存传送到外存才能长期保存下来。目前, 广泛用于计算机系统的辅助存储器有硬磁盘、软磁盘、磁带、光盘等。前3种均属磁表面存储器。

#### 1. 软磁盘

软磁盘是一种磁介质形式的大容量存储器。它的磁盘片被装在一个保护套内, 保护套保护磁面上的磁层不被损伤, 也防止盘片旋转时产生静电引起数据丢失。在软盘套上开有若干个孔, 其中有主轴孔(轴盘连接孔)、磁头读写孔等。软盘驱动器的主轴通过主轴孔将软盘卡紧, 驱动软盘旋转。软盘驱动器的读/写磁头通过磁头读/写孔与磁盘接触, 将信息读出或写入。除此之外, 在保护套上还有写保护口, 对磁盘中的数据进行保护。磁盘写保护时, 磁盘上的信息只能被读出, 不能写入。当软盘上存有重要数据且不再改动时, 最好对软盘写保护, 以保护该软盘上的信息, 同时也可防止感染计算机病毒。软盘结构如图2.17(a)所示。

软盘的每一面包含许多同心圆, 称为磁道。磁道由外向内顺序编号, 最外面的为0磁道, 最里面的为末磁道。磁道被从圆心射出的若干条线分割为若干个扇区。软盘上的信息就是按磁道和扇区存放的。扇区是软盘的基本存储单位, 每当读或写时, 总是读写一个完整的扇区, 无论其中数据多少。软盘在使用前必须格式化, 其作用是划分磁道和扇区, 指明扇区的位置、大小, 并写入地址标志。图2.17(b)为磁盘划分示意图。

#### 2. 硬磁盘

硬磁盘存储器是计算机系统最主要的外存设备。硬盘与软盘的工作原理相似, 只是硬盘由若干坚硬的合金盘片组成, 永久地封装在磁盘驱动器中, 一般被固定安装在计算机机箱内, 其容量大, 可保存大量的数据, 操作速度也比软盘快得多。目前微型计算机中常用的硬盘配置达到百GB以上。常用于台式计算机的硬盘是由几个盘片组成的, 所有盘片都安装在转轴上, 盘片的每一面都可存储数据。磁盘组上具有同一相对位置的磁道和扇区构成柱面(例如, 盘片1的第10个磁道的第5个扇区与其他盘片上的第10个磁道的第5个扇区构成一个柱面)。许多小型笔记本计算机采用了硬卡, 它不是完整的磁盘驱动器和磁盘组, 而是安装在扩展卡上的小磁盘。硬盘必须通过硬盘接口才能连接到主板上, 该部件及其电路遵守硬盘制造商和主板制造商均认可的标准。常用标准是集成驱动电子技术(IDE)与小型计算机系统接口(SCSI)。



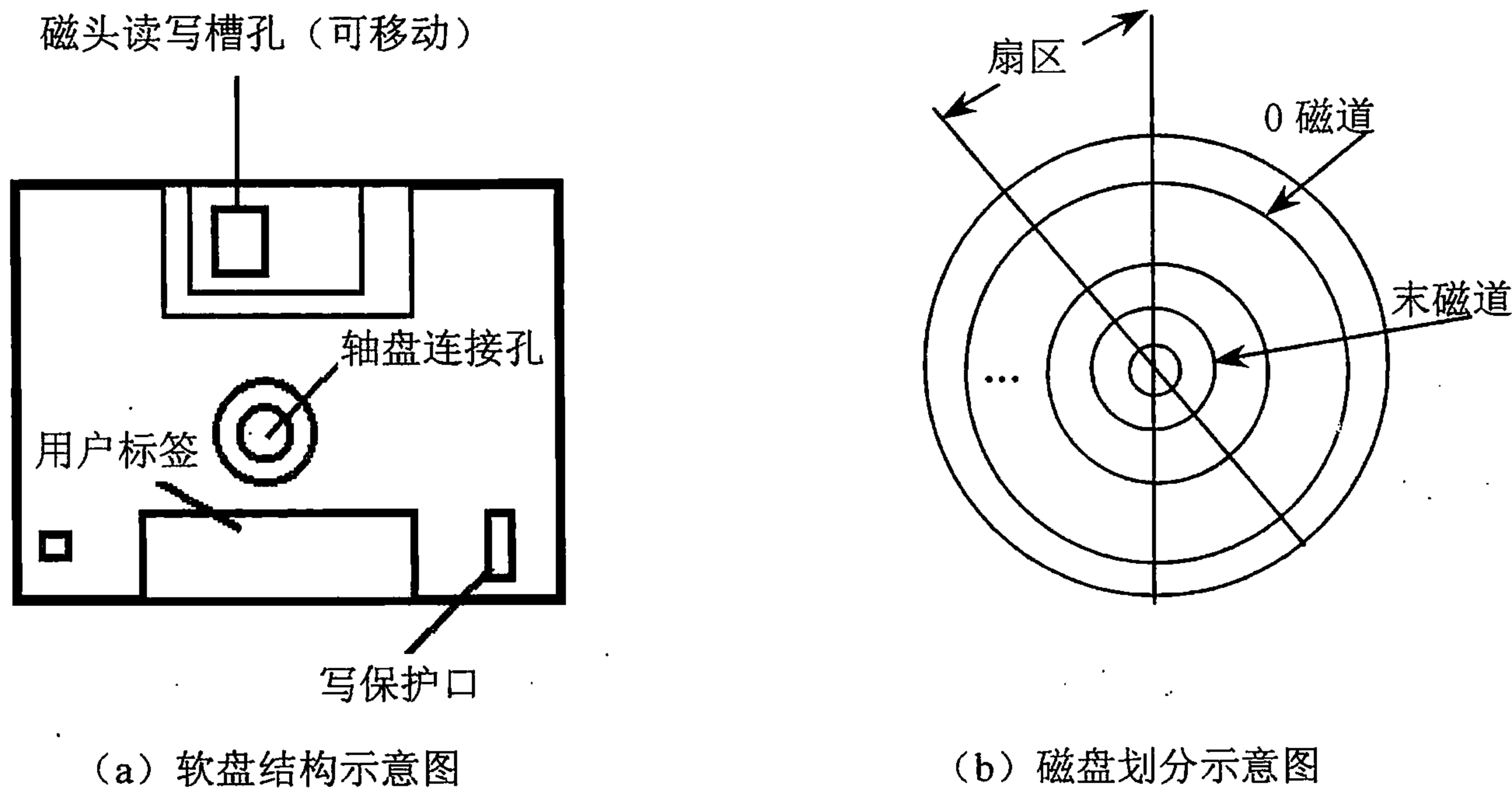


图 2.17 软盘结构及磁盘划分示意图

值得注意的是，硬盘上的读写磁头大多数是浮动的，可以沿着径向移动。由于磁头与盘面之间的距离连灰尘的微粒都不允许进入，故其防震、防尘就显得至关重要，以防止磁头与高速旋转的盘片接触造成划伤磁盘事故。

3. U 盘

U 盘即 USB 盘的简称，U 盘是闪存的一种，因此也叫闪盘。其最大的特点就是：小巧便于携带、存储容量大、价格便宜。U 盘是移动存储设备之一。一般的 U 盘容量有 64M、128M、256M、512M、1G、2G、4G 等，U 盘有 USB 接口，是 USB 设备。如果操作系统是 Windows 2000/XP/2003/Vista 或是苹果系统的话，将 U 盘直接插到机箱前面板或后面的 USB 接口上，系统就会自动识别。如果系统是 Windows 98 的话，需要安装 U 盘驱动程序才能使用。驱动程序可以到附带的光盘中或者到生产商的网站上找到。首次使用 U 盘，系统会报告，发现新硬件，稍候会提示：新硬件已经安装并可以使用了。打开“我的电脑”，会看到多出来一个图标，叫“可移动磁盘”。可以像平时操作文件一样，在 U 盘上保存、删除文件。但是，要注意，U 盘使用完毕后，关闭一切窗口，尤其是关于 U 盘的窗口，正确拔下 U 盘前，要右键点右下角的 USB 设备图标，再左键点“安全删除硬件”，按“停止”按钮，在弹出的窗口中再点“确定”。当右下角出现提示：“你现在可以安全地移除驱动器了”这句提示后，才能将 U 盘从机箱上拔下。

4. 磁带

磁带存储器是一种较老式的大容量存储设备。信息记录在磁带上。磁带是一种表面涂有磁性材料的塑料带子，为了操作和保存，磁带绕在磁带盘上。当磁带盘在电机的驱动下转动时，磁带从一个盘卷到另一个盘，使磁带在读/写磁头下移动，在 CPU 发出指令的控制下，通过读写磁头便可实现对磁带的读/写操作。

5. 光盘

光盘是利用光学和电学原理进行信息读/写的存储介质。它是由反光材料制成的，通过在其表面上制造出一些变化来存储信息。当光盘转动时，上面的激光束照射已存储信息的光盘表面，根据产生反射光的强弱变化，可以识别存储的信息，因而达到读出光盘上信息的目的。与

磁盘不同,光盘上的信息记录在一条单一的螺旋形的轨道上,该螺旋线从盘的内侧向外侧延伸开,这个轨迹也被划分成多个扇区,每个扇区为 2KB。

常用的光盘存储器可分为三类。

(1) 只读型光盘 (CD-ROM)。这种光盘内的数据和程序是由厂家事先写入的,使用时用户只能读出,不能修改或写入新的内容。它主要用于电视唱片和数字音频唱片,可以获得高质量的图像和高保真的音乐。在计算机领域里,主要用于检索文献数据库或其他数据库,也可用于计算机的辅助教学等。因为它具有 ROM 特性,所以叫做 CD-ROM。

(2) 只写一次型光盘 (WORM)。这种光盘允许用户写入信息,写入后可多次读出,但只能写一次,而且不能修改,故称它为“写一次型”(WORM, Write Once Read Many)。它主要用于计算机系统文档,或写入的信息不再需要修改的场合。

(3) 可重写型光盘。这种光盘存储器类似于磁盘,可以重复读写,它是很有前途的辅助存储器。1989 年下半年上市的可擦写型 5.25 英寸光盘,双面格式化的容量已达到 500MB~650MB。1991 年上市的 3.5 英寸光盘,单面格式化的容量已高达 128MB。以后又陆续上市了 240MB、650MB 和 700MB 的光盘。

#### 6. 光盘存储器与其他辅助存储器的比较

光盘、硬磁盘、软磁盘、磁带在记录原理上很相似,都属于表面介质存储器。它们都包含盘片、控制器、驱动器等。在技术上都可采用自同步技术、定位和校正技术,在硬件组成上都包括头、精密机械、马达及电子线路等。但由于它们各自的特点和功能不同,使其在计算机系统中的应用各不相同。

光盘是非接触式读/写信息,光学头与盘面的距离几乎比磁盘的磁头与盘面的间隙大 1 万倍,互不磨擦,介质不会被破坏,大大提高了光盘的耐用性,其使用寿命可长达数十年以上。

光盘可靠性高,对使用环境要求不高,机械振动的问题甚少,不需要采取特殊的防震和防尘措施。由于光盘是靠直径小于  $1\mu\text{m}$  的激光束写入每位信息,因此记录密度高,可达  $10^8$  位/ $\text{cm}^2$ ,约为磁盘的 10~100 倍。

光盘记录头份量重,体积大,使其寻道时间长约 30ms~100ms,写入速度低,约为 0.2s,平均存取时间为 100ms~500ms,与主机交换信息速度不匹配。因此,它不能代替硬盘而只能作为硬盘的后备存储器。

光盘的介质互换性好,存储容量大,可用于文献档案、图书管理、多媒体等方面的应用,故目前得到广泛应用。

硬盘存储容量大,数据传输率比光盘高,等待时间短,它作为内存的后备存储器,用以存放程序的中间和最后结果。

软盘存储容量小,数据传输率低,平均寻道时间长,而且是接触式存取,盘片不固定在驱动器中,运行时有大量的灰尘进入盘面,易造成盘面磨损或出现误码,不易提高位密度。但软盘的盘片装卸灵活、便于携带、互换性好、价格便宜,因此,用它存储应用软件极为方便。另外软盘还应用于数据的输入输出。

磁带存储器的历史比磁盘更久,它的数据传输率更低,采用接触式记录,容量也很大,每兆字节价格较低,记录介质也容易装卸、互换和携带,可用作硬盘的后备存储器。

## 思考题与习题

1. 冯·诺依曼计算机的特点是什么？
2. 试述微处理器、微型计算机和微型计算机系统的关系。
3. 系统主板由哪几部分构成？各部分的功能是什么？
4. 微处理器主要由哪几部分构成？各部分的功能是什么？
5. 如何理解机器的字长、存储字长？存储单元及存储容量的换算关系是什么？
6. 什么是总线？系统总线分哪几类？特点是什么？
7. 你了解和掌握了哪些输入输出设备？它们的使用方法及与接口卡的关系如何？
8. 什么是显示器的分辨率？它和显示质量有何关系？
9. 打印机分几类？各自的优缺点是什么？
10. 什么是辅存？辅存一般分几种类型？各有哪些特点？
11. 根据本章所介绍的知识，详细画出计算机硬件系统的结构图？



# 第 3 章 计算机软件系统

## 本章学习目标

计算机软件是计算机系统的主要组成之一，计算机硬件系统奠定了计算机系统功能的物质基础，而计算机软件系统最终决定了一台计算机能做什么，能提供什么服务。什么是软件？软件开发技术有哪些？有哪些种类的软件？非常重要的系统软件——操作系统的作用是什么？它包括哪些管理？这些管理的内容和主要技术有哪些？程序设计语言翻译系统的作用和功能是什么？软件工程对软件开发的作用是什么？这些基础知识都是学习计算机科学技术人员急切了解的问题。

本章主要介绍计算机软件的层次结构，重要系统软件——操作系统的功能和基本概念以及常用的操作系统（如 Windows、UNIX、Linux 等）的主要特征。了解软件生存周期和面向对象方法的开发过程。

### 3.1 计算机软件的层次结构

计算机软件是指计算机中的程序、数据及其文档。计算机软件是计算机系统的灵魂，计算机用户是通过软件来管理和使用计算机的，一般计算机软件可分为三类：系统软件、支撑软件和应用软件。其层次结构如图 3.1 所示。

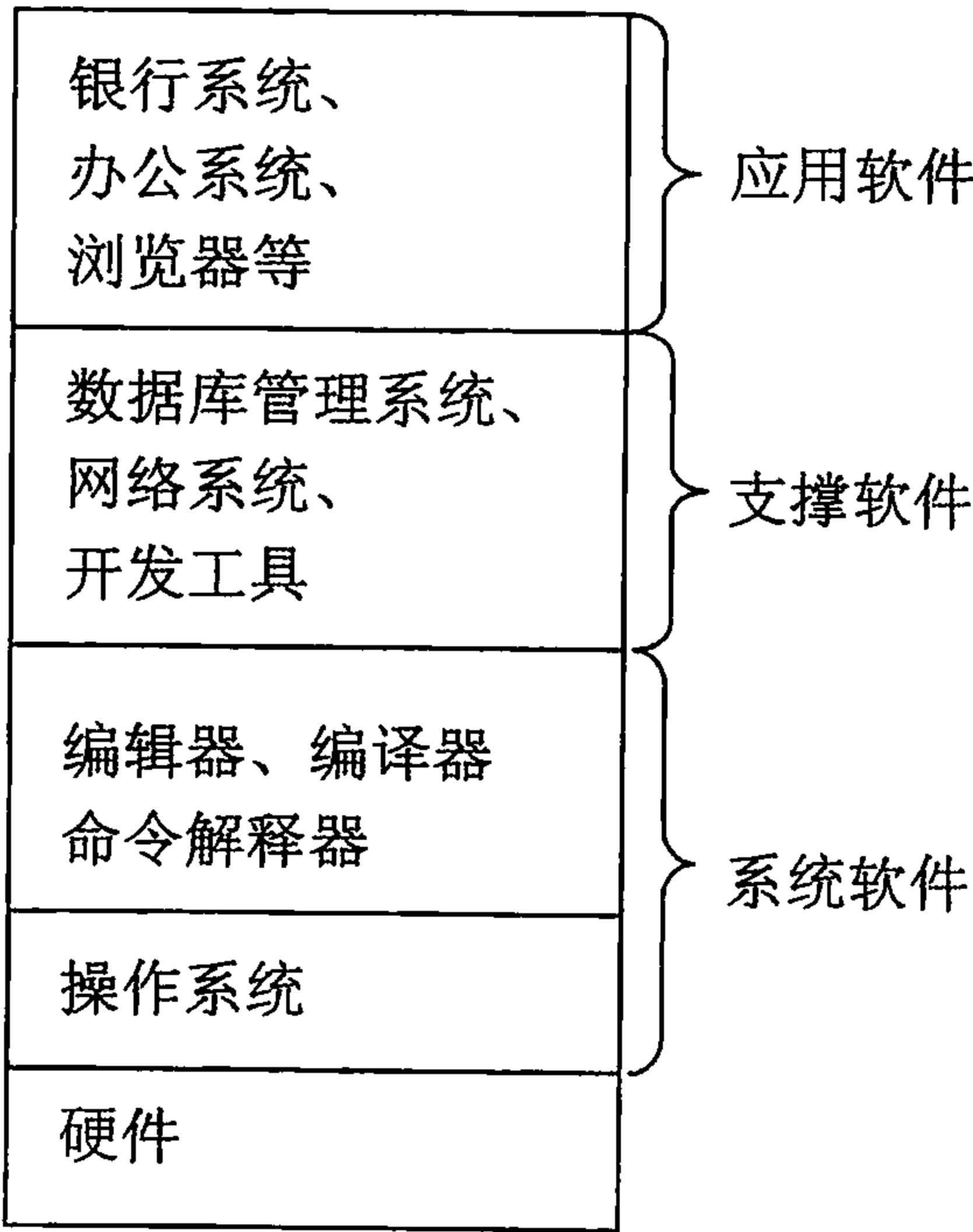


图 3.1 软件层次结构

(1) 系统软件：系统软件是计算机系统中最靠近硬件层次的软件。系统软件用于管理、控制和维护计算机系统资源的程序集合，如操作系统、汇编程序、编译程序等都是系统软件。

系统软件与具体的应用领域无关，解决任何领域的问题一般都要用到系统软件。

（2）支撑软件：是支撑其他软件的开发与维护的软件，如各种接口软件、软件开发工具和环境、网络软件、数据库管理系统等都是支撑软件。

（3）应用软件：是为解决特定应用领域问题而编制的应用程序，如财务管理软件、火车订票系统、交通管理系统等都是应用软件。

系统软件、支撑软件和应用软件三者既有分工，又相互结合，而且相互有所覆盖、交叉和变动，并不能截然分开。如操作系统是系统软件，但它也支撑了其他软件的开发，也可看做支撑软件。在现代计算机软件层次结构中，操作系统是最基础的软件。面对复杂的计算机硬件结构，操作系统使用户真正成为计算机的主人。操作系统是对计算机硬件功能的第一次扩展，使得用户可以很方便地管理和使用系统资源，并在其上开发各类应用软件，进一步扩展计算机系统的功能。

## 3.2 操作系统

操作系统（Operating System, OS）是在计算机硬件的发展和实际应用需求的推动下产生和发展起来的，是现代计算机系统中一种必不可少的系统软件，它经过了从简单到复杂的很长的发展过程，目前已成为计算机系统最基础最重要的系统软件。随着计算机技术的飞速发展，计算机软、硬件资源越来越丰富，用户要求能更方便、更灵活地使用计算机系统，因此现代计算机系统中至少要配置一种操作系统。对于一个学习计算机科学技术的学生和从事计算机科学技术的工作者来说，学习操作系统的工作原理和了解操作系统的基本设计方法是十分必要的。这样，将有利于他们利用计算机系统开发各种应用软件和系统软件，因此，操作系统课程已成为计算科学与技术专业的重要专业基础课。这里概要地介绍操作系统的概念和操作系统的功能等知识。

### 3.2.1 操作系统的概念

#### 1. 什么是操作系统

众所周知，一个计算机系统是非常复杂的系统，包括处理器、存储器、外围设备、各种数据、文件及信息。我们把这些统称为计算机的软、硬件资源。如果用户直接控制、管理和使用这些资源，将是非常麻烦的，用户不仅要熟记机器语言（指令系统），而且要了解各种外围设备的物理特性，这不仅不方便而且很容易出错。那么如何才能有效地管理计算机中软、硬件资源，让它们相互协调、高效地工作，并给用户提供方便的操作手段与环境呢？操作系统就是承担此重任的系统软件。

操作系统属于软件中的系统软件，操作系统是紧挨着硬件的第一层软件，是对硬件功能的首次扩充，其他软件则是建立在操作系统之上的。通过操作系统对硬件功能进行扩充，并在操作系统的统一管理和支持下运行各种软件。

因此，操作系统在计算机系统中占据着一个非常重要的地位，它不仅是硬件与所有其他软件之间的接口，而且任何一种计算机，从微型计算机到巨型计算机都必须在其硬件平台上加载相应的操作系统之后，才能构成一个可以协调运转的计算机系统。只有在操作系统的指挥控制下，各种计算机资源才能被分配给用户所使用。也只有在操作系统的支撑下，其他系统软件，

如各类编译系统、程序库、运行支持环境才得以取得运行条件。没有操作系统，任何应用软件都无法运行。

可见，操作系统是一个计算机系统中硬、软件资源的总指挥部。操作系统性能的高低，决定了整体计算机的潜在硬件性能能否发挥出来。操作系统本身的安全可靠程度，决定了整个计算机系统的安全性和可靠性。

据此，可给出操作系统一个定义：操作系统是一种系统软件，它统一地管理和控制计算机系统上的软、硬件资源，合理地组织计算机工作流程，控制程序的执行，并为用户提供一个良好的、易于操作的工作环境，使得用户能够灵活、方便、有效地使用计算机。

操作系统是计算机系统的核心，是用户和其他软件与计算机裸机之间的桥梁，是用户与计算机之间的接口。

不同计算机使用者看待操作系统有所不同，长期以来有两种观点，一种是虚拟机的观点，另一种是资源管理的观点。

虚拟机的观点也称为扩展机的观点，操作系统是直接配置在计算机硬件之上的第一层软件，它对硬件的功能进行了首次扩充，装有操作系统的计算机极大地扩展了原计算机的功能，把用户对包含各种硬件部件的计算机系统的操作和使用由复杂变得简单，从低级操作上升为高级操作，把基本功能扩展为多种功能。

对计算机使用者来说，计算机系统的硬件结构和机器一级的操作，诸如指令集、存储器组织、总线结构和输入输出部件等的操作与控制，这些最基本的操作恰恰是最复杂和最难以由用户直接进行的。例如，用户要进行文件读写，而文件是以二进制代码的方式存放在磁盘、磁带等存储装置中，需要有一种途径把用户的要求转换成对具体的硬件部件、电路信号、选择开关等的细微操作，用户自己不可能完成这些操作，但操作系统可以把用户的高级操作转换成一系列的低级操作，最终完成文件读写。所有的低级操作，底层硬件的细节，如中断、时钟和存储器等都需要隐藏，做到对用户透明，即无需用户关心。这好比用户打电话给某人，只需直接拨叫对方号码，而不需要关心电话到底是怎样被接通的一样，实际上其中的实现过程是很复杂的，操作系统把硬件全部隐藏起来，给用户提供了一个友好的、易于操作的界面。此外，操作系统还要进行大量的系统事务处理，如响应中断的发生、处理定时操作，管理存储器等。从这个角度看，操作系统对用户来说好像是一个功能扩展的机器，即为用户提供了一个功能很强，使用方便的虚拟机器。操作系统将硬件细节与程序员或普通用户隔离开来，它使得程序员或用户能在较高的层次上工作，从而极大地提高了工作效率。

资源管理的观点是目前操作系统描述的主要观点，上述虚拟机观点是一种自顶向下的观点，从相反的方向即以自底向上的观点看，操作系统是计算机系统的“大管家”，管理着这个复杂系统的所有资源，资源是指系统硬件资源和软件资源，包括 CPU、内存、时钟、磁盘、打印机、文件、程序、数据等。操作系统的任务是合理分配和控制系统资源，使系统资源得到充分合理的使用，提高系统资源的使用效率。

操作系统负责监视跟踪资源的使用状况，满足资源请求，决定谁得到资源，何时得到，获得多少，并按一定方式调度和分配资源，在资源使用完毕后，再回收资源，充当着计算机系统资源管理器的作用。

综上所述，对于计算机操作者来说，操作系统是一个用户环境，一个工作平台，一个人与机器进行交互操作的界面；对系统设计者而言，操作系统是一种强功能的系统资源管理程序，



是用以控制、管理计算机中软、硬件资源和程序执行的集成软件系统。

## 2. 为什么要学习和研究操作系统

操作系统被用来控制计算机系统的工作流程，并有效地管理和分配系统的各类资源，而且，操作系统又是用户与计算机之间的交互界面，用户只有理解了计算机操作系统，才能更方便、更灵活地使用计算机，掌握了操作系统提供给用户的各种功能强大的系统服务（如命令操作、系统调用、视窗环境等），才能更好地利用系统资源，更好地在操作系统的基础上建立用户自己的应用系统、开发自己的应用软件。此外，各种其他软件系统，如数据库系统、信息管理系统、办公自动化系统、网络系统等都建立在操作系统之上，理解了操作系统，上述其他软件系统的建立和运行就有了强有力的支持。

打破操作系统的神秘性、了解操作系统的内部结构、掌握操作系统的设计方法、熟悉操作系统的操作和使用是学习操作系统的目的。

### 3.2.2 操作系统的形成与发展

操作系统的形成迄今已有 50 多年的时间，在 20 世纪 50 年代中期出现了第一个简单的批处理操作系统，到 20 世纪 60 年代中期产生了多道批处理系统，不久又出现了基于多道程序的分时系统。20 世纪 80 年代至 90 年代是微型计算机、多处理机和计算机网络大发展的年代，同时也是微机操作系统、多处理机操作系统和网络操作系统形成和大发展的年代。此后分布式操作系统和网络操作系统得到了大发展。

#### 1. 操作系统的形成

##### （1）无操作系统时的计算机系统。

第一代计算机时期（1946 年至 50 年代中期）没有出现操作系统。这时期的计算机操作是由用户采用人工操作方式直接使用计算机硬件系统，即由程序员将事先已穿孔的纸带（或卡片）装入纸带输入机（或卡片输入机），再启动它们将程序和数据输入计算机，然后启动计算机运行。当程序运行完毕并取走计算结果后，才让下一个用户上机。

人工操作方式有两个缺点：

- 用户独占整个计算机。一台计算机的全部资源由一个用户独占。
- CPU 等待人工操作。当用户在进行装带（卡）、卸带（卡）时，CPU 是空闲的。

可见，人工操作方式严重降低了计算机资源的利用率，即出现了人机矛盾。随着 CPU 速度的提高和系统规模的扩大，人机矛盾变得日趋严重。此外，随着 CPU 速度的迅速提高而 I/O 设备的速度却提高缓慢，又使 CPU 与 I/O 设备之间速度不匹配的矛盾更加突出。为了解决这些矛盾，20 世纪 50 年代末出现了脱机输入/输出技术。该技术是指事先将装有用户程序和数据纸带（或卡片）装入纸带输入机（或卡片机），在一台外围机的控制下，把纸带（或卡片）上的程序和数据输入到磁带上。当 CPU 需要这些程序和数据时，再从磁带上高速地调入内存。类似地，当 CPU 需要输出时，可由 CPU 直接高速地把数据从内存送到磁带上，然后再在另一台外围机的控制下，将磁带上的结果通过相应的输出设备输出。

由于程序和数据的输入和输出都是在外围机的控制下完成的，或者说，它们是在脱离主机的情况下进行的，故称为脱机输入/输出方式；反之，在主机的直接控制下进行输入/输出的方式称为联机输入/输出方式。

这种脱机 I/O 方式的主要优点有：

- 减少了 CPU 的空闲时间。装带（卡）、卸带（卡）以及将数据从低速 I/O 设备送到高速的磁带上，都是在脱机情况下进行的，它们不占用主机时间，从而有效地减少了 CPU 的空闲时间，缓解了人机矛盾。
- 提高 I/O 速度。当 CPU 在运行中需要数据时，是直接从高速的磁带或磁盘上将数据调入内存的，不再是从低速 I/O 设备上调入，从而大大缓和了 CPU 和 I/O 设备不匹配的矛盾，进一步减少了 CPU 的空闲时间。

### （2）批处理操作系统。

1) 单道批处理操作系统。早期的计算机系统非常昂贵，为了能充分地利用它，应尽量让该系统连续运行，以减少空闲时间。为此，通常是把一批作业以脱机方式输入到磁带上，并在系统中配上监督程序，在它的控制下使这批作业能一个接一个地连续处理，这就是早期的批处理操作系统，由于系统对作业的处理都是成批进行的，且在内存中始终只保持一道作业，故称为单道批处理操作系统。虽然单道处理方式减少了人工上机操作的干预时间，提高了机器的利用率，但是 CPU 在运行一个作业时，若该作业有 I/O 请求，则 CPU 就必须等待输入/输出的完成，这就意味着在很长的时间内 CPU 是空闲的，CPU 的时间利用还是不充分。

2) 多道批处理操作系统。它改进了单道批处理操作系统的不足。多道批处理操作系统把多个作业同时放在内存，当某个作业需要 I/O 时，CPU 处理完它的请求后就转向去做下一道作业。这样，第二道作业的执行将与第一道作业的 I/O 并行工作，从而使 CPU 得到充分的利用。

多道批处理系统具有如下特征：并发性和共享性。

多道批处理系统的优点是：资源利用率高和系统吞吐量大。系统吞吐量是指系统在单位时间内所完成的总工作量。

多道批处理系统的缺点是：作业平均周转时间长和用户与计算机系统无交互能力。

### （3）分时操作系统。

分时操作系统克服了多道批处理系统的缺点。分时操作系统是指多个用户通过终端与计算机相连，共享使用一台计算机，多个用户同时与计算机系统进行一系列的交互，并使每个用户感到好像自己独占一台支持自己请求服务的计算机系统。

在分时操作系统中，为了使一台计算机系统能同时为多个终端用户服务，系统采用了分时技术。即把 CPU 时间划分成许多时间片，每个终端用户每次可以使用一个由时间片规定的 CPU 时间。这样，多个终端用户就能轮流地使用 CPU 时间。如果某个用户在规定的一个时间片内还没有完成他的全部工作，这时也要把 CPU 让给其他用户，等待下一轮再使用一个时间片的时间，循环轮转，直到结束。

分时系统也是支持多道程序同时执行的系统，在微观上用户程序的执行是断断续续的，程序运行是不连续的，但在宏观上，用户的任何请求服务总能够及时得到响应。

分时操作系统具有如下基本特征：

- 多路性。若干用户通过各自的终端同时使用一台计算机。从宏观上看，所有用户是在同一时间并行工作，但从微观上看，各个用户是轮流使用计算机。
- 独立性。用户在各自的终端上请求系统服务，彼此独立，互不干扰。因此，用户会感觉到就像是他一人独占主机。
- 及时性。系统保证对每一用户的输入请求在较短时间（如 2s）内给出应答，使用户觉得系统及时响应了他的请求而感到满意。

- 交互性。采用人一机对话的方式工作。用户在终端上可以直接输入、调试和运行自己的程序，能及时修改程序中的错误且直接获得结果。分时系统为用户在测试、修改程序以及在控制程序执行方面提供了很大的灵活性。

分时操作系统设计的主要目标是提高对用户响应的及时性。它一般适用于带有多个终端的小型机。与批处理系统相比，分时系统较好地解决了用户不能直接与计算机“对话”，并及时取得运行结果的弊端，但在资源利用率上，显然批处理系统比分时系统高。

#### （4）实时操作系统。

随着计算机应用范围的不断扩大，出现了实时操作系统。它主要用于工业生产控制、医疗诊断、交通管理、飞机订票等。

实时是指对随时发生的外部事件作出及时响应和处理。实时系统按其使用方式分为两类：一类是实时控制，如炼钢、医疗诊断；一类是实时信息处理，如飞机订票。

实时系统对响应时间的要求比分时系统更高，一旦向实时系统提出服务请求后，要求系统立即响应并处理，实时系统不具备分时系统那样强的交互式会话能力，但是它对系统可靠性和安全性要求很高，不强求系统资源的利用率。

#### （5）通用操作系统。

同时具有分时、实时和批处理功能的操作系统称为通用操作系统。显然，通用操作系统规模更加庞大，功能更加强大，构造更加复杂。设计通用操作系统的目的是为用户提供多种模式的服务，并进一步提高系统资源的利用率。

在通用操作系统中，可能同时存在三类任务：实时任务、分时任务和批处理任务。通常实时任务级别最高，分时任务次之，批处理任务级别最低。当有实时请求时，系统优先处理，当没有实时任务时，系统为分时用户服务，仅当既无实时任务又无分时任务时，系统才执行批处理任务。

在实际的操作系统中，同时具有实时、分时、批处理三种功能的操作系统并不常见，通常将实时与批处理结合起来，或将分时与批处理结合起来，构成所谓的前后台系统。在实时与批处理相结合的系统，实时任务为前台，批处理任务为后台；在分时与批处理系统相结合的系统，分时任务为前台，批处理任务为后台，前台任务优于后台任务。

### 2. 操作系统的进一步发展

操作系统的形成已有 50 多年的历史，经历了 20 世纪 60 年代、70 年代的大发展，到 80 年代趋于成熟，随着计算机体系结构的发展，操作系统仍在继续发展，相继出现了微机操作系统、多处理机操作系统、网络操作系统和分布式操作系统。

#### （1）微机操作系统。

配置在微型计算机上的操作系统称为微机操作系统。早期的微机操作系统是单用户单任务的操作系统，如 CP/M 和 MS-DOS，主要配置在 8 位微机和 16 位微机上。单用户单任务操作系统的含义是，只允许一个用户在机上工作，且只允许此用户程序作为一个任务运行。后来出现了单用户多任务操作系统，目前 32 位微机上所配置的操作系统大多数都是单用户多任务操作系统，其中最具有代表性的是 OS/2 和 Windows 操作系统。单用户多任务操作系统的含义是，只允许一个用户上机，但允许将一个用户程序分成若干个任务，使它们并发执行，从而有效地改善系统的性能。

#### （2）多处理机操作系统。



多处理机操作系统配置在多处理机系统中，常见有两种模式。

- 非对称多处理机模式，又称为主-从模式。在非对称多处理机系统中，把处理机分为主处理机和从处理机两类，主处理机只有一个，其上配置了操作系统，用于管理整个系统的资源，并负责为各从处理机分配任务。从处理机有多个，它们执行预先规定的任务及由主处理机所分配的任务。在早期的大型系统中，常采用主-从式操作系统。主-从式操作系统易于实现，但资源利用率低。
- 对称多处理机模式。在对称多处理机系统中，所有的处理机都是相同的。在每个处理机上运行一个相同的操作系统复制，用它来管理本地资源和控制进程的运行以及各计算机之间的通信。这种模式允许多个进程同时运行，但必须小心控制 I/O，以保证能将数据送至适当的处理机。同时，还必须注意使各 CPU 的负载平衡，以免有的 CPU 超载运行而有的 CPU 又空闲。

### (3) 网络操作系统。

用通信线路将物理位置各异的多台计算机相互连接起来且依据某种网络协议组成的系统称为计算机网络。网络中的计算机可以是同型的，也可以是异型的，在地域上可以同处一地，也可以分散布置在相距很远的各个地方。发展计算机网络的目的在于使网络用户共享计算机网络中的各种资源，充分发挥资源的效益，实现相互通信。

为计算机网络配置的操作系统称为网络操作系统。网络操作系统远比通常单机的操作系统复杂。这是因为：首先，网中各台计算机都有各自的操作系统，而这些操作系统在种类和功能上又不尽相同，为了在不同计算机之间正确地实现通信，就必须确定一套全网共同遵守的约定（即共同约定信息的格式、信息内容及传输的顺序等事项），称之为通信协议，通信协议由网络软件执行；其次，为方便用户，网络操作系统必须提供多种网络服务，如远程登录、文件传输、电子邮件、信息检索等服务，它们使网络用户能够方便地利用网络上的各种资源。最后，除进行全网的资源管理外，网络操作系统还应有一套确保网络可靠性、安全性的措施。

总之，网络操作系统具有以下五方面的功能：网络通信、资源管理、网络服务、网络管理和互操作。

### (4) 分布式操作系统。

在通用计算机系统中，其处理和控制功能都高度地集中在一台主机上，所有的任务都由主机处理，这样的系统称为集中式处理系统。集中式处理系统可以是单 CPU 系统，也可以是多 CPU 系统。

为了提高计算机的性能，一方面，人们努力提高处理机的处理速度和优化系统结构；另一方面，人们又试图让多个处理机联合作业提高整个系统的性能。对于多处理机系统，有两种类型的配置，一种是多个处理机共享存储器的紧耦合系统，另一种是分布式存储器。各处理机有独立的存储器，实际上就是多台有独立功能的计算机（包括紧耦合的多处理机系统）的互联而成为一个统一的计算资源。在用户看来，整个系统跟一台计算机是一样的，只是性能有了很大的提升，称之为集群（Cluster），又称为分布式处理系统。

在分布式处理系统中，系统的处理和控制功能都分散在系统的各个处理单元上。系统中所有任务，也可动态地被分配到各个处理单元上去，实现分布处理。可见分布式处理系统最基本的特征是处理上的分布。而处理分布的实质是资源、功能、任务和控制都是分布的。

在分布式计算机系统上配置的操作系统，称为分布式操作系统。分布式操作系统能使系

统中若干台计算机相互协作完成一个共同的任务。把一个计算问题分成若干个可以并行执行的子计算，让每个子计算在系统中的各计算机上并行执行，充分利用各计算机的优势。这样，一个程序就被分布在几台计算机上并行执行，相互协作得到结果。在分布式操作系统的控制下，各台计算机组成了一个完整的、功能强大的计算机系统，用户感觉不到多台计算机的存在。分布式操作系统在资源管理功能上主要实现了并行任务分配、并行进程通信、分布控制机构、分散资源管理，并且逐渐向智能化方向发展。这种把复杂的任务按功能分布在多个计算机上执行的体系结构是当代计算机系统结构的重要研究方向之一。

应用于集群的分布式操作系统虽然与网络操作系统有许多相似之处，如资源共享，相互通信，但两者是有区别的，各有其特点。下面从 5 个方面对两者进行比较。

(1) 分布性。分布式操作系统不是集中地驻留在某个站点中，而是较均匀地分布在系统的各个站点上，因此分布式操作系统的处理和控制功能是分布式的。而计算机网络虽然具有分布处理的功能，然而网络的控制功能，则大多是集中在某个（些）主机或网络服务器中，或者说控制方式是集中式。

(2) 并行性。在分布式处理系统中，具有多个处理单元，因此分布式操作系统的任务分配程序可将多个任务分配到多个处理单元上，使这些任务并行执行，从而加速了任务的执行。而在计算机网络中，每个用户的一个或多个任务通常都在自己（本地）的计算机上处理，因此在网络操作系统中通常无任务分配功能。

(3) 透明性。分布式操作系统让用户感觉到面对多台计算机就像面对一台计算机一样，或者说让用户感觉不到多台计算机的存在。分布式操作系统能很好地隐藏系统内部的实现细节，如对象的物理位置、并发控制、系统故障等对用户都是透明的。例如，当用户要访问某文件时，只需提供文件名而无须知道所要访问的对象是驻留在哪个站点上，即可对它进行访问，亦即具有物理位置的透明性。对于网络操作系统，虽然它也具有一定的透明性，但主要是指在操作实现上的透明性。例如，当一用户要访问服务器上的文件时，只需发出相应的文件存取命令而无须了解对该文件的存取是如何实现的。

(4) 共享性。在分布式操作系统中，分布在各个站点上的软、硬件资源，可供系统中的所有用户共享，并能以透明方式对它们进行访问。而网络操作系统虽然也能提供资源共享，但所共享的资源大多是设置在主机或网络服务器中。而在其他机器上的资源，则通常由使用该机的用户独占。

(5) 可靠性。由于分布式系统的处理和控制功能是分布的，因此，任何站点上的故障，都不会给系统造成太大的影响。当某设备出现故障时，可通过容错技术实现系统重构，从而仍能保证系统的正常运行，因而系统具有健壮性，即具有较好的可用性和可靠性。而现在的网络操作系统，其控制功能大多集中在主机或服务器中，这使系统具有潜在的不可靠性，此外，系统的重构功能也较弱。

### 3.2.3 操作系统的功能

操作系统的主要目标有两个方面：一是方便用户使用，二是最大限度地发挥计算机系统资源的使用效率。为实现这两个目标，从系统资源管理的观点出发，操作系统应该具备处理机管理、存储器管理、设备管理、文件管理等功能。此外，为了方便用户使用操作系统，还需向用户提供一个使用方便的用户接口。

### 1. 处理机管理

在传统的多道程序系统中,处理机的分配和运行,都是以进程为基本单位,因而对处理机的管理可归结为对进程的管理,在引入了线程的操作系统中,也包含对线程的管理。处理机管理的主要功能是创建和撤消进程(线程),对诸进程(线程)的运行进行协调,实现进程(线程)之间的信息交换,以及按照一定的算法把处理机分配给进程(线程)。它包括以下几方面:进程控制、进程同步、进程通信和调度。

### 2. 存储器管理

由于硬件的限制,内存储器的容量是有限的,此外,如果有多个用户程序共享内存,它们彼此间不能相互冲突和干扰。

存储器管理就是按一定的策略为用户作业和进程分配存储空间和实现重定位,记录内存使用情况。同时,还将保护用户存放在内存中的程序和数据不被破坏,必要时提供虚拟存储技术,逻辑扩充内存空间,为用户提供比实际容量大的虚拟存储空间,并进行存储空间的优化管理。为此存储器管理应具有内存分配、内存保护、地址映射和内存扩充等功能。

### 3. 设备管理

随着计算机外部设备的迅速发展,如何有效地分配和使用设备,如何协调处理机与设备操作之间的时间差异,提高系统总体性能,就是操作系统设备管理模块的主要任务。

由于输入输出设备的工作速度远远低于CPU的速度,操作系统应按设备的输入输出性能分类,并根据不同种类设备的特点采用不同的策略分配和回收外设以及控制外设按用户程序的要求进行操作。为了提高设备的使用效率,还实现虚拟设备。

因此,设备管理的主要任务是完成用户提出的I/O请求,为用户分配其所需的I/O设备,提高CPU和I/O设备的利用率,提高I/O速度,方便用户使用I/O设备。为实现上述任务,设备管理应具有缓冲管理、设备分配和设备处理以及虚拟设备等功能。

### 4. 文件管理

在现代计算机系统中,总是把程序和数据以文件的形式存储在外存上,供所有的或指定的用户使用。为此,操作系统中必须配置文件管理机构。一般来说,操作系统中都有功能较强的文件管理系统。文件管理的主要任务是对用户文件和系统文件进行管理,以方便用户使用,并保证文件的安全性。为此,文件管理应具有对文件存储空间的管理、目录管理、文件的读写管理以及文件的共享与保护等功能。

### 5. 用户接口

为了方便用户使用操作系统,操作系统又向用户提供了“用户与操作系统的接口”。该接口通常以命令或系统调用的形式呈现在用户面前的,前者提供给用户在键盘终端上使用;后者提供给用户在编程时使用。在较晚出现的操作系统中,又向用户提供了图形接口。

## 3.2.4 操作系统实例简介

世界上每一类、每一种计算机上都配置有操作系统,在巨型机、大型机上的操作系统功能是极其强大的。不过,对大多数用户来说,通常接触的还是配置在小型机和微型机上的操作系统,下面仅简单介绍微型计算机上常用的几种操作系统。

### 1. MS-DOS 操作系统

MS-DOS 是美国 Microsoft 公司为 IBM PC 微型计算机开发的一个单用户、单任务磁盘操



作系统，主要运行在以 Intel80×86 及其兼容系列芯片为 CPU 的机器上。自 1981 年第一版问世以来，已经发展到如今的第七版。DOS 曾经是 IBM PC 微型计算机及其兼容机上的主流操作系统，风靡一时，虽然现在 DOS 的辉煌时期已经过去，但微软软件有向下兼容的特点，决定了 Windows 出问题的时候，很多时候需要在 DOS 下才能得到解决，因此了解和学习 DOS 还是很有必要的。

MS-DOS 具有以下 3 方面的功能：磁盘文件管理、输入输出管理和命令处理。

MS-DOS 采用命令行界面，其中的命令都要用户强记，这给用户的学习和使用带来了不少困难。在 MS-DOS 的提示符“>”下用户可以键入命令，按回车键表示命令结束，如图 3.2 所示。命令的格式和语法都必须正确，如输入命令不正确，MS-DOS 会输出出错信息。MS-DOS 命令分为内部命令和外部命令。内部命令是包含在 COMMAND.COM 文件中可直接执行的命令；而外部命令则是以普通文件的形式存放在磁盘上，需要时将其调入内存。



图 3.2 DOS 命令行

在 20 世纪 80 年代，DOS 是微型计算机上使用最广、很受用户欢迎的一种操作系统，然而，随着计算机技术突飞猛进的发展，特别是硬件的飞跃发展和 DOS 本身存在的限制问题，使得 DOS 不能适应当今需要，原因是它具有以下局限性：

- 内存寻址空间的限制：常规内存仅能使用 640KB。
- 缺乏系统保护机制：系统内部机制公开，缺乏系统的自我保护和自我安全机制。
- 缺乏对多任务的支持：DOS 不是支持“多任务”的操作系统，只是一个单任务的操作系统。

## 2. Windows 操作系统

遵照用户对操作更方便、直接和灵活的要求，Microsoft 公司推出了一种采用图形用户界面（Graphics User Interface，GUI）的新颖的操作系统，称为视窗（Windows）操作系统。Windows 操作系统是基于图形界面、多任务的操作系统。

（1）Windows 版本的发展。Windows 操作系统是 Microsoft 公司从 1983 年开始研制，1985 年推出了 Windows 1.x 版本，1987 年又推出了 Windows 2.0 版，1988 年推出了 386 微机专用的 Windows/386。由于当初计算机硬件对图形功能的支持尚少，再加上早期 Windows 功能和应用程序的限制，很少人使用它们来做 PC 机上的操作系统。但是，1990 年推出的 Windows 3.0，在计算机界引起了强烈的反响，使得微型计算机的操作方法和软件的开发过程产生了革命性的变化，Windows 3.0 是一个里程碑，它在市场上的成功奠定了 Windows 操作系统在 IBM PC 系列微机领域的垄断地位。1992 年推出的 Windows 3.1 版、1993 年推出的 Windows NT 和 1995 年推出的 Windows 95，更完善了系统的性能，更确立了 Windows 在 IBM-PC 系列微机中的主

导地位。之后又推出了 Windows 98、Windows 2000、Windows XP、Windows 2003。Windows 发展简史如表 3.1 所示。

表 3.1  Windows 发展简史

操作系统名称	发布日期	类型
Windows 1.0	1983.10	桌面 OS
Windows 2.0	1987.10	桌面 OS
Windows 3.0	1990.5	桌面 OS
Windows 3.1	1992.4	桌面 OS
Windows NT Workstation 3.5	1994.7	桌面 OS
Windows NT 3.5X	1994.9	服务器 OS
Windows 95	1995.8	桌面 OS
Windows NT Workstation 4.0X	1996.7	桌面 OS
Windows NT Server 4.0	1996.9	服务器 OS
Windows 98	1998.6	桌面 OS
Windows 2000	2000.2	桌面 OS
Windows 2000 Server	2000.2	服务器 OS
Windows Me	2001	桌面 OS
Windows XP	2001.10	桌面 OS
Windows Server 2003	2003.4	服务器 OS
Windows Vista	2006.11	桌面 OS

（2）Windows 3.x。尽管 Windows3.x 工作在保护模式下，从根本上来说，它还不是一个真正的操作系统，而是一个功能强大的图形窗口式操作的系统软件，它需要在 MS-DOS3.0 以上版本的支持下才能在 PC 系列微机上运行，通过与 MS-DOS 的密切配合，使 PC 机的用户界面焕然一新。

（3）Windows 9X。1995 年 Microsoft 公司推出了 Windows 95，它对原来的 Windows 3.0 进行了全面改进，增添了许多新功能，从而成为一种不依赖 MS-DOS 的完全独立的操作系统。在此之后又推出了 Windows 98，Windows 98 仍然是从 Windows 95 发展而来，其最大特点是集成了 Internet 外壳（IE 浏览器、制作工具等），可以用同一个程序来查看本机、Internet 乃至其他内部网的信息。Windows 98 的主要目标是为近几年出现的计算机硬件提供完全支持，它支持的一些主要的硬件标准有 USB（通用串行总线）、AGP（加速图形端口）、高速串行连接总线标准（IEEE1394）、DVD、电源管理等。

从 Windows 3.x 到 Windows 9x，一直到 Windows Me，这一系列操作系统在“Windows+DOS”的这一结构格局上均未发生变化。

（4）Windows NT。Windows NT 是 Microsoft 公司于 1993 年推出的 32 位操作系统，采用全新的设计技术，具有超强的性能。NT 即 New Technology 之义。初学者很容易将 Windows 9x 与 Windows NT 操作系统混为一谈，其实这是两种不同的操作系统，虽然它们具有非常类似的用户操作界面。



Windows NT 是 Microsoft 公司推出的可在 PC 机和其他各种 CISC、RISC 芯片上运行的真正的 32 位、多进程、多道作业的操作系统,并配置了廉价的网络和组网软件,应用程序阵容强大。Windows NT 主要是为客户机/服务器而设计的操作系统。它采用了抢占式多任务调度机制,每一应用系统能访问 2GB 的虚拟存储空间,它建立在通用计算机代码 Unicode 的基础上。

Windows NT 操作系统主要有以下一些特点:真正的 32 位操作系统;脱离了 DOS+Windows 模式;多任务调度可按任务的优先级进行;较好的安全性及系统崩溃保护。

(5) Windows 2000。2000 年推出的 Windows 2000 分为专业版、服务器版、高级服务器版、数据中心服务器版等几个版本。它们都采用了 NT 的内核,所以并不是 Windows 9x 的延续,其市场定位也是高端服务器,而不是个人机用户。其主要优点是具有 NT 与 Windows 98 的双重优点,支持 Windows 9x、NT 多重启动;缺点是系统体积大、对硬件要求高,不支持 DirectX7.0 (内核为 NT 之故),对外设、应用软件的支持欠佳。

Windows 2000 Professional (专业版)功能强大,对硬件要求相对较低,该版本适用于任何规模商务环境中的桌面操作系统以及网络应用的客户端软件;Windows 2000 Server (服务器版)包含 Windows 2000 专业版的所有功能和特性,并提供了简单而高效的网络管理服务,如支持 DHCP 服务器、DNS 服务器、WINS 服务器、WWW 服务器、FTP 服务器等。该版本的适用范围是文件服务器、打印服务器、Web 服务器以及工作组应用等;Windows 2000 Advanced Server (高级服务器版)包含 Windows 2000 服务器版的所有功能和特性,但增强了扩展性和系统可用性。另外还提供了 Windows 集群 (Clustering) 和负载均衡功能。该版本的设计目的和适用范围是用于大型企业网和需要较强数据库功能的场合;Windows 2000 Data Center Server (数据中心服务器版)包含 Windows 2000 高级服务器版的所有功能,在一台计算机上它支持更多的内存和更多的 CPU,是 Windows 2000 系列产品中功能最强大的操作系统。该版本的设计目的和适用范围是大型数据仓库 (Data Warehouse) 应用、在线事务处理 OLTP 应用,以及大规模仿真等应用。

(6) Windows XP。2001 年 10 月 Windows XP 上市,Windows XP 原来的代号是 *Whistler*。字母 XP 表示英文单词的“体验”(experience)。Windows XP 的外部版本是 2002,内部版本是 5.1 (即 Windows NT 5.1),正式版的 Build 是 5.1.2600。微软最初发行了两个版本:专业版 (Windows XP Professional) 和家庭版 (Windows XP Home Edition),在 2002 年 11 月,微软发布了两个为特殊硬件使用的新版本:媒体中心版 (Media Center Edition) 和平板电脑版 (Tablet PC Edition)。

Windows XP 是基于 Windows 2000 代码的产品,它拥有一个叫做“月神”Luna 的豪华亮丽的用户图形界面。它包括简化了的 Windows 2000 的用户安全特性,并整合了防火墙,以确保长期以来一直困扰微软的安全问题。

家庭版是面向家庭用户的版本。由于是面向家庭用户,因此家庭版在功能上有一定的缩水,主要表现在:① 没有组策略功能;② 只支持一个 CPU 和一个显示器 (专业版支持 2 个 CPU 和 9 个显示器);③ 没有远程桌面功能;④ 没有 EFS 文件加密功能;⑤ 没有 IIS 服务;⑥ 没有连接 Netware 服务器的功能。

专业版除了包含家庭版的一切功能,还添加了新的为面向商业用户的设计的网络认证、双处理器支持等特性,最高支持 2GB 的内存,主要用于工作站、高端个人电脑以及笔记本电脑。

Windows XP Media Center Edition (媒体中心版本)是专门为个人电脑使用的版本。现在,



这些个人电脑包括 HP Media Center 电脑以及 Alienware Navigator 系列。这些电脑拥有遥控器，拥有开启 Windows XP Media Center 上的媒体的功能。Windows XP Media Center 版本必须捆绑在这些计算机上，并不单独销售。

Windows XP Tablet PC Edition（平板电脑版）是为平板可旋转式的笔记本电脑设计的，带有支持触屏手写的特性。同样它必须捆绑在这些平板笔记本电脑上，并不单独销售。

微软在 2003 年 3 月 28 日发布了 64 位的 Windows XP。64 位的 Windows XP 称 Windows XP 64-Bit Edition。其实就是 64 位版本的 Windows XP Professional。支持双处理器，最高支持 16GB 的内存。

Microsoft 大约每年都会发布一个针对 Windows XP 的升级。这些升级包含了在过去的一年中对 Windows XP 进行的所有修补和增强。用户可以通过升级文件（被称作服务包[Service Packs]）获得最全、最新的驱动程序、工具、安全更新、补丁程序以及应用户要求所做的产品修改。例如，Windows XP Service Pack2，它着重于安全问题，是 Microsoft 有史以来发布的最为重要的服务包之一。它提供了对病毒、黑客和蠕虫的更好保护，并且内置 Windows 防火墙，Internet Explorer 弹出窗口拦截程序，并且新增了 Windows 安全中心。

（7）Windows 2003。全称 Windows Server 2003，是微软朝.NET 战略进发而迈出的真正的第一步。Windows 2003 起初的名称是 Windows.NET Server 2003，2003 年 1 月 9 日正式改名为 Windows Server 2003，包括 Standard Edition（标准版）、Enterprise Edition（企业版）、Datacenter Edition（数据中心版）、Web Edition（网络版）四个版本，每个版本均有 32 位和 64 位两种编码。它大量继承了 Windows XP 的友好操作性和 Windows 2000 Server 的网络特性，是一个同时适合个人用户和服务器使用的操作系统。Windows 2003 完全延续了 Windows XP 安装时方便、快捷、高效的特点，几乎不需要多少人工参与就可以自动完成硬件的检测、安装、配置等工作。虽然在名称上，Windows 2003 又延续了 Windows 家族的习惯命名法则，但从其提供的各种内置服务以及重新设计的内核程序来说，Windows 2003 与 Windows 2000/XP 有着本质的区别。Windows Server 2003 会成为个人电脑操作系统的新坐标。个人用户推荐使用 Enterprise Edition。

（8）Windows Vista。Windows Vista 是微软 Windows 操作系统的最新版本，中文全称视窗操作系统远景版。在 2006 年 11 月，Windows Vista 开发完成并正式进入批量生产。在 2007 年 1 月，Windows Vista 正式对普通用户出售，同时也可以从微软的网站下载。Windows Vista 包含了上百种新功能，其中较特别的是新版的图形用户界面和称为“Windows Aero”的全新界面风格、加强后的搜寻功能（Windows indexing service）、新的多媒体创作工具（如 Windows DVD Maker），以及重新设计的网络、音频、输出（打印）和显示子系统。Vista 也使用点对点技术（peer-to-peer）提升了计算机系统在家网络中的通信能力，将让在不同计算机或装置之间分享文件与多媒体内容变得更简单。微软也在 Vista 的安全性方面进行改良。

Windows Vista 使用了 Windows Server 2003（sp1）的底层核心编码，保留了所有 Windows XP 优良的特性，Windows Vista 是结合 Windows XP 和 Windows Server 2003 所有优秀功能的产物。现在的主流 PC 机就可以完全支持 Windows Vista。微软要求的主要配置是 CPU：800MHz（推荐 1.8G 以上）；内存：512MB（推荐 1G 以上）；独立显卡，最低支持 DIRECTX9，具有至少 64MB 的显存。

### 3. UNIX

UNIX 系统于 1969 年问世，是一个多用户、多任务的分时操作系统。最初 UNIX 是美国

电报电话公司（AT&T）的 Bell 实验室为 DEC 公司的小型机 PDP-11 开发的操作系统。后来，又凭其性能的完善和良好的可移植性，经过不断的发展、演变，广泛地应用在小型机、超级小型机甚至大型计算机上。从此 UNIX 名扬世界，众多的用户在不同档次的计算机上争先恐后地使用它。

由于 UNIX 的巨大成功和它对计算机科学所做出的贡献，1983 年两位设计人 Ken Thompson 和 Dennis Ritchie 获得了计算机界的最高奖——ACM 的图灵奖。在 20 世纪 80 年代为 IBM-PC 系列微机开发的 DOS 操作系统中，也借鉴了许多 UNIX 的系统设计思想。

由于 PC 机硬件性能的提高，UNIX 操作系统又被移植到微型计算机上。可以说，UNIX 是在微机上使用的操作系统中功能最完善、安全性能最好的一种操作系统。

长期以来，初学者最头疼的是 UNIX 的使用界面，但随着 X-Windows 的发展，UNIX 也可以享受功能强大的图形界面。同时，不同的 X-Windows 管理界面（如 FVWM、AfterStep、CDM、MWM）更让你的 X-Windows 有多种选择，也使你的计算机更具个人风格。

#### 4. Linux 操作系统

Linux 是一种 UNIX 风格的操作系统。它是由芬兰赫尔辛基大学的学生 Linus Torvalds 在 1991 年开发的。Linus Torvalds 把 Linux 的源程序在 Internet 上公开，世界各地的编程爱好者自发组织起来对 Linux 进行改进和编写各种应用程序。今天 Linux 已发展成为功能很强的操作系统，是操作系统领域的一颗新星。

Linux 的开发和源代码对每个人都是完全免费的。任何人都可以从 Internet 上免费下载 Linux 软件包，Linux 开发者可通过 Internet 进行合作开发。不过，假如你打算加入这个行列，就必须明白 Linux 的开发者是一群才华非凡的软件开发人员，他们每时每刻把最新的软件技术引进 Linux，使 Linux 有最新鲜的血液，保持最强劲的生命力。这也是将 Linux 称为计算机爱好者自己的操作系统的原因。但是这并不意味着 Linux 和它的一些周边软件发行版本也是免费的。Linux 有着广泛的用途，包括网络应用、软件开发、建立用户平台等。Linux 被认为是一种高性能、低开支的可以替换其他昂贵操作系统的软件系统。

现在 Linux 主要流行的版本有：Red Hat Linux、TurboLinux 及我国自己开发的红旗 Linux、蓝点 Linux 等。

作为一个多用户多任务的操作系统，Linux 具有以下主要特点：①Linux 是免费软件，用户可以自由安装及任意修改软件的源代码；②Linux 是一个与 UNIX 兼容的 32 位操作系统；③Linux 是一个提供完整网络集成的操作系统；④Linux 系统内核紧凑高效，对硬件要求低。

### 3.3 程序设计语言翻译系统

由于计算机硬件只能识别并执行机器指令，人们常用的高级语言或汇编语言编写出来的程序，计算机不能直接识别并执行，因此必须要为它配备一个“翻译”，这就是所谓的程序设计语言翻译系统。

对于用某种程序设计语言编写的程序，通常要经过编辑处理、语言处理（翻译）、装配链接处理之后才能在计算机上运行。所谓编辑处理是指计算机通过编辑程序将人们编写的源程序送入计算机。编辑程序可以使用户方便地修改源程序，包括添加、删除、修改等，直到用户满意为止。所谓语言处理是将源程序转换成机器语言的形式，以便计算机能够运行。这一转换是

由翻译程序来完成的，翻译程序除了要完成语言间的转换外，还要进行语法、语义等方面的检查。翻译程序统称为语言处理程序，共有 3 种：汇编程序、编译程序和解释程序。

1. 汇编程序

汇编程序将用汇编语言编写的程序（源程序）翻译成机器语言程序（目标程序），这一翻译过程称为汇编。汇编程序功能的示意图如图 3.3 所示。

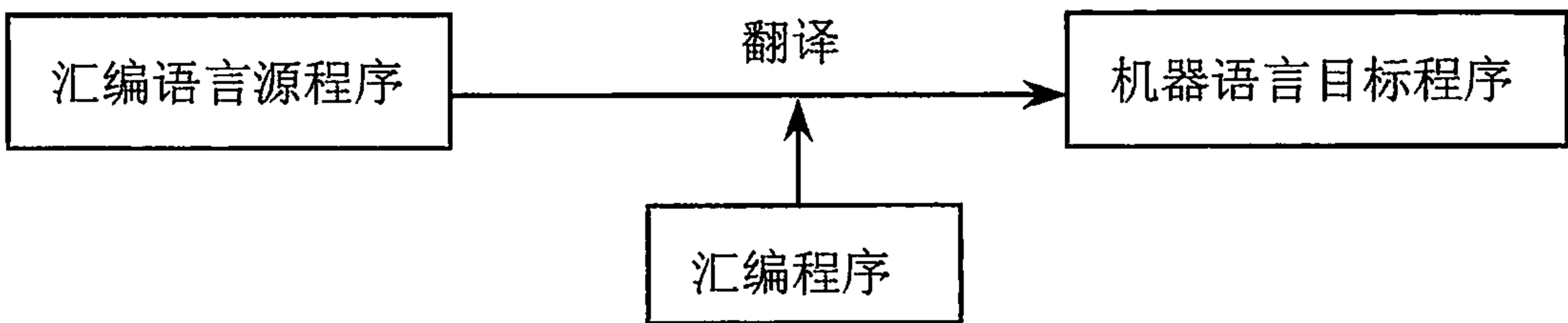


图 3.3 汇编程序汇编过程

汇编程序在翻译源程序时总是从头到尾地对源程序中的符号一个一个地阅读分析，这个过程称为扫描，一般用两遍扫描来完成对源程序的加工转换工作。第一遍把源程序中出现的所有的名字进行造表，确定每个名字将占用内存的位置。第二遍扫描时，按所造出的表把每条原为符号化的语言换码成二进制数码形式的机器指令。汇编程序在翻译的同时，还对各种形式的错误进行检查和分析，如有错误，就以某种方式输出错误的类型及有关信息，以使用户修改。

2. 编译程序

编译程序是将用高级语言编写的程序（源程序）翻译成机器语言程序（目标程序）。这个翻译过程称为编译。对汇编语言而言，通常是将一条汇编语言指令翻译成一条机器语言指令，但对编译而言，往往需要将一条高级语言的语句转换成若干条机器语言指令。高级语言的结构比汇编语言的结构复杂得多。编译程序工作时，是先分析再综合。所谓分析是指词法分析和语法分析。所谓综合是指代码优化、存储分配和代码生成。为了完成这些分析综合任务，编译程序采用对源程序进行多次扫描的方法，每次扫描集中完成一项或几项任务，也有一项任务分散到几次扫描完成的。源程序经过编译之后，若无错误便生成目标程序，再经过链接之后，便可以运行了。运行时与源程序及编译程序无关，若源程序作了某些修改，则必须再重新进行编译。编译型高级语言的典型调试步骤如图 3.4 所示。

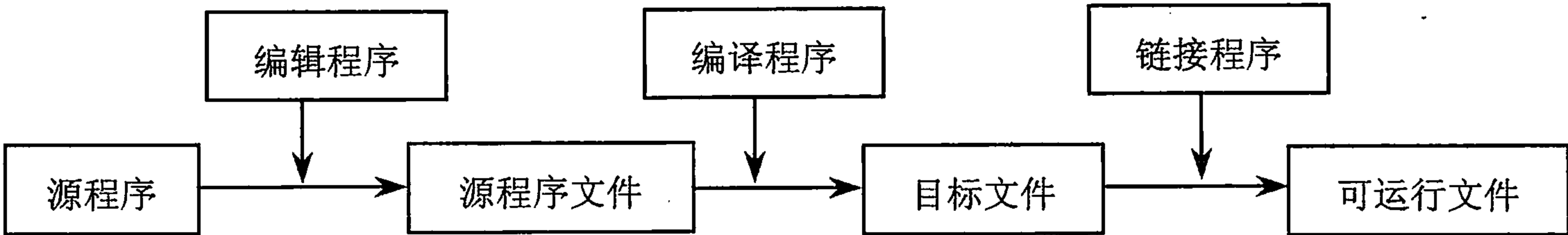


图 3.4 编译型高级语言的典型调试步骤

3. 解释程序

解释程序是边扫描边翻译边执行的翻译程序，解释过程不产生目标程序。解释程序将源程序一句一句读入，对每个语句进行分析和解释，有错误随时通知用户，无错误就按照解释结果执行所要求的操作。程序的每次运行都要求源程序与解释程序参加。解释型高级语言的典型调试步骤如图 3.5 所示。



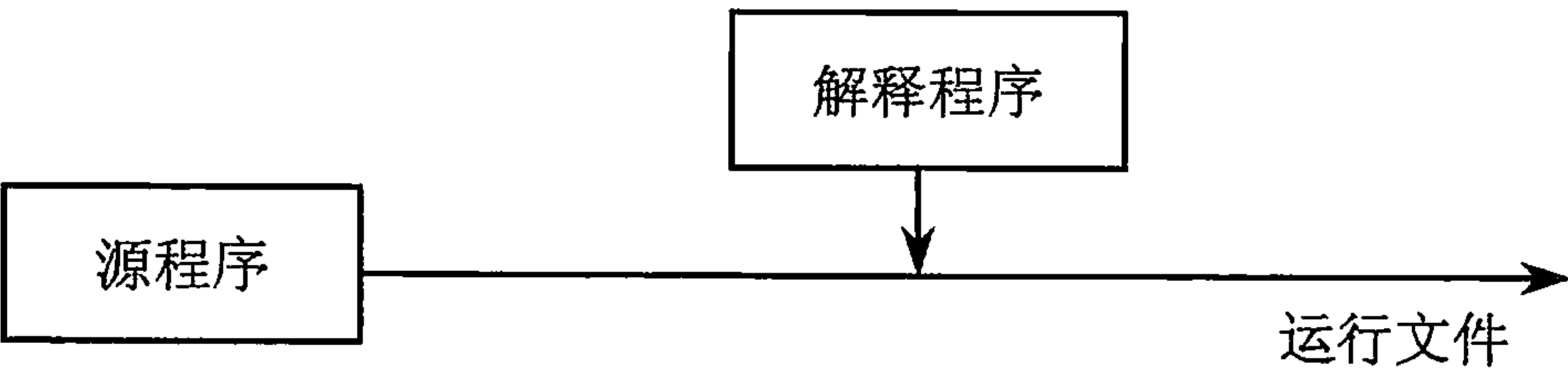


图 3.5 解释型高级语言的典型调试步骤

解释方式很灵活、方便，但因为是边解释边执行，所以程序执行速度相对较慢，例如源程序中出现循环，则解释程序也要重复地解释这一组语句，造成很大浪费，而且解释方式在运行时离不开翻译程序。编译方式使程序的运行与翻译程序无关，因此运行速度要快得多，虽然编译过程本身比较复杂，但一旦形成目标文件，便可多次使用。

### 3.4 软件开发与软件工程

#### 3.4.1 软件与软件危机

##### 1. 软件

计算机软件是指与计算机系统操作有关的程序、数据以及任何与之有关的文档资料。也就是说，软件由两部分组成：其一是机器可执行的程序和数据；其二是与软件开发、运行、维护、使用和培训等有关的文档资料。对“软件”的理解在不同时期有不同的定义，如表 3.2 所示。

表 3.2 软件理解的变化

20 世纪 50~60 年代	软件=程序
20 世纪 60~70 年代	软件=程序+文档
20 世纪 70~80 年代	软件=程序+文档+数据
20 世纪 80~90 年代	软件={构件}
20 世纪 90 年代~2000 年	软件={构件}+体系结构
现在	软件={网构}+体系结构

所谓软件构件化，就是要让软件开发像机械制造工业一样，可以用各种标准和非标准的零件来进行组装，或者像建筑业一样，用各种建筑材料搭建成各式各样的建筑。最终实现“软件可以由不同厂商提供，用不同语言开发，在不同硬件平台上实现的软件构件，方便地、动态地集成”的目标。这些构件要求能互操作，它们可以放在本地的计算机上，也可以分布式地放置在网上异构环境下的不同结点上。实现软件的构件化是软件业界多年来奋斗的目标，可以说已经经过了几代人的努力。

计算机软件是一个逻辑系统，主要工作集中在定义、开发、维护方面。软件同其他的工业产品不同，有着独特的特性。软件是一种逻辑实体，具有抽象性，人们可以把它记录在纸上、内存、磁盘及光盘上，但无法看到软件本身的形态，必须通过观察、分析、思考、判断，才能了解它的功能、性能等特性。软件没有明显的制造过程，对软件质量的控制，必须着重在软件开发方面下功夫。软件成为产品之后，其制造只是简单的拷贝而已。软件在使用过程中，不会因为磨损而老化，但会为了适应硬件、环境以及需求的变化而进行修改，而这些修改又不可避

免引入错误，因此，软件的维护工作远比硬件产品的维护复杂。软件的上述特性已经构成了一种特殊的文化，即“软件文化”。

## 2. 软件危机

早期的软件开发主要采用手工作坊式方式，编制程序完全是一种技巧，主要依赖于开发人员的素质和个人技能，没有可遵循的原理、原则和方法，缺乏有效的管理。开发出来的软件，在质量、可靠性、可维护性等方面较差，开发时间、成本等方面无法满足需求，无法进行复杂的、大型的软件的开发，造成软件危机。

软件危机指的是在计算机软件的开发和维护过程中所遇到的一系列严重问题。概括地说，软件危机包含两方面问题：一是如何开发软件，以满足不断增长，日趋复杂的需求；二是如何维护数量不断膨胀的软件产品。其主要表现为：

- 不能正确地估计软件开发成本和进度，致使实际开发成本往往高出预算很多。
- 软件产品不可靠，软件质量差，满足不了用户的需求，甚至无法使用，维护困难。
- 交付使用的软件不易演化，很少能够重用，以致于人们不得不重复开发类似的软件。
- 软件生产率低下，远远满足不了社会发展的需求。
- 软件缺乏适当的文档资料。

软件危机的原因，一方面是与软件本身的特点有关；另一方面是与软件开发和维护的方法不正确有关。软件开发和维护的不正确方法主要表现为忽视软件开发前期的需求分析；开发过程没有统一的、规范的方法论的指导，文档资料不齐全，忽视人与人的交流；忽视测试阶段的工作，提交用户的软件质量差；轻视软件的维护。

人们在认真分析了软件危机的原因之后，开始探索用工程的方法进行软件生产的可能性，即用现代工程的概念、原理、技术和方法进行计算机软件的开发、管理、维护和更新。于是，计算机科学技术的一个新领域——“软件工程”诞生了。1968年，北大西洋公约组织(NATO)召开了计算机科学会议，Fritz Bauer首先提出了“软件工程”的概念，试图建立并使用正确的工程方法开发出成本低、可靠性好并在机器上能高效运行的软件，从而解决或缓解软件危机。迄今为止，软件工程的研究与应用已经取得很大成就，它在软件开发方法、工具、管理等方面的应用大大缓解了软件危机造成的被动局面。

消除软件危机，既要有技术措施，又要有必要的组织管理措施。软件工程正是从管理和技术两方面研究如何更好地开发和维护计算机软件的一门新兴学科。

### 3.4.2 软件工程

#### 1. 软件工程的定义

1968年，北大西洋公约组织在原西德召开计算机科学会议，在此次会议上 Fritz Bauer 首次提出了“软件工程”的概念。软件工程是一类求解软件的工程。它应用计算机科学、数学及管理科学等原理，借鉴传统工程的原则、方法来生产软件以达到提高质量、降低成本的目的。其中计算机科学、数学用于构造模型与算法，工程科学用于制定规范、设计范型、评估成本，管理科学用于计划、资源、质量、成本等管理。

软件工程是从管理和技术两方面研究如何更好地开发和维护计算机软件的学科。软件工程的方法、工具、过程构成了软件工程的三要素。软件工程方法是完成软件工程项目的手段。它支持项目计划和估算、系统和软件需求分析、软件设计、编码、测试和维护。软件工程

使用的软件工具是人类在开发软件的活动中智力和体力的扩展和延伸,它自动或半自动地支持软件的开发和管理,支持各种软件文档的生成。软件工具最初是零散的,不系统、不配套,后来根据不同类型软件项目的要求建立了各种软件工具箱,支持软件开发的全过程。近年来,人们又将用于开发软件的软、硬件工具和软件工程数据库集成在一起,建立集成化的计算机辅助软件工程(CASE)环境。软件工程中的过程贯穿于软件开发的各个环节。管理者在软件工程过程中,要对软件开发的质量、进度、成本进行评估、管理和控制,包括人员组织、计划跟踪与控制、成本估算、质量保证、配置管理等。软件工程不是一成不变的,它随着人们对软件系统的研制、开发和生产的理解而发展。

## 2. 软件工程的目标

软件工程的目标是:在给定成本、进度的前提下,开发出具有可修改性、有效性、可靠性、可理解性、可维护性、可重用性、可适应性、可移植性、可追踪性和可互操作性并满足用户需求的软件产品。追求这些目标有助于提高软件产品质量和开发效率,减少维护的困难。

### 3.4.3 软件生存周期与软件开发过程

#### 1. 软件生存周期

软件生存周期是指软件产品从提出开发要求、功能确定、设计,到开发成功投入使用,并在使用中不断地修改、增补和完善,直至被新的需要所替代而停止该软件的使用的全过程。

软件生存周期在各阶段的划分目前尚不统一。为了便于软件开发过程的管理和软件质量的控制,可以将软件生存周期划分为3个过程9个阶段。3个过程是软件定义过程、软件开发过程、软件使用与维护过程。9个阶段是:可行性研究、需求分析、概要设计、详细设计、实现、组装测试、验收测试、使用与维护、退役。

(1) 软件定义。软件定义的任务是确定软件开发工程必须完成的总目标、确定工程的可行性、导出实现工程目标应该采用的策略及系统必须完成的功能、估计完成该项工程需要的资源和成本,并制定工程进度表。软件定义时期包括可行性研究和需求分析两个阶段。这个时期的工作由系统分析员负责完成。

1) 可行性研究:系统分析员在明确了问题的性质、目标、规模后,从技术、经济和社会、法律等几个方面研究并论证软件系统的可行性。它的主要任务不是研究如何解决问题,而是确定问题定义阶段所定义的问题是否值得解决,在预定的规模内是否有可行的解决方案。主要从技术可行性、经济可行性和运行可行性3个方面论证。技术可行性是指使用目前可用的开发方法和工具能否支持需求的实现。经济可行性是指实现和使用软件系统的成本能否被用户接受。运行可行性是指用户能否在某一特定的软件运行环境中使用这个软件。系统分析员经可行性论证后,如果问题值得解决,应推荐一个较好的解决方案,并为系统制定一个初步的开发计划。可行性研究结果是使部门负责人做出是否继续进行这项工程的决定的重要依据。

2) 需求分析:就是完全弄清用户对软件系统的确切要求和系统的需求,确定系统必须做什么,系统必须具备哪些功能,并制定出需求规格说明书。需求规格说明书必须能准确完整地体现用户的要求,指明软件系统的功能需求、性能需求、接口需求、设计需求、基本结构以及开发标准和验收原则等。需求分析阶段应有用户参加,软件开发人员与用户密切配合,充分交流信息,制定出经用户确定的需求规格说明书。需求规格说明书是软件开发的基础,也是软件验收的标准。建立完整准确的需求规格说明书是软件开发成败的关键。



(2) 软件开发。开发时期的主要任务是具体设计和实现在前一个时期定义的软件。它包括概要设计、详细设计、实现（即编码与单元测试）、组装测试、验收测试 5 个阶段。其中前两个阶段又称为系统设计，单元测试、组装测试和验收测试又称为测试。

1) 概要设计：概要设计又称为总体设计，主要任务是要确定系统的总体结构，给出系统中各个组成模块的功能和模块间的接口关系，设计软件系统的全局数据库和主要数据结构，同时还要制定测试计划，形成概要设计说明书。概要设计说明书主要由模块结构图、模块说明和测试计划组成。概要设计通常由系统设计和结构设计两个阶段组成。其中系统设计是从数据流程图出发，确定系统的具体实现方案。系统分析员使用系统流程图或其他工具描述每种可能的解决方案，估算每种方案的成本和效益，在充分权衡各种方案利弊的基础上，推荐一个最佳的实现方案，并为推荐的方案制定详细的实现计划。结构设计则是确定软件的模块结构。把复杂的系统功能分解成一系列比较简单的子功能，通常一个模块完成一个适当的子功能，分析员把模块组织成层次结构，用层次图或结构图来描述。

2) 详细设计：就是在概要设计的基础上，对系统中的每个模块给出精确的描述，即为每一个模块设计相应的算法和模块内的数据结构，同时还要设计完成测试实例，形成详细设计说明书。详细设计说明书主要由每一个模块的详细数据结构设计、详细流程设计和每一模块的测试实例组成。通常用 HIPO 图（层次图加输入/处理/输出图）或 PDL 语言（过程设计语言）描述详细设计的结果。

3) 实现：即编码和单元测试，这个阶段的任务是用程序设计语言写出正确的、容易理解的、容易维护的程序模块代码。程序员应该根据目标系统的性质和实际环境，选取一种适当的程序设计语言，把详细设计的结果翻译成用选定的语言书写的程序，并设计一些有代表性的数据和输入输出模型，仔细测试编写出每一个模块代码。

4) 组装测试：软件测试是保证软件可靠性的主要手段，测试阶段的根本任务就是在软件投入运行之前，尽可能多地发现并改正软件中的错误。组装测试是根据概要设计提供的软件结构、各功能模块的说明和组装测试计划，把经过单元测试的模块按照某种选定的策略逐步进行组装和测试。主要测试系统各模块间的连接是否正确，系统或子系统的正确处理能力和容错能力、输入/输出处理能力是否达到要求。

5) 验收测试：又称确认测试，其任务是按照验收测试计划和准则对软件系统进行测试，看其是否达到了需求规格说明书定义的全部功能和性能方面的需求。

(3) 软件使用与维护、退役期。

1) 软件使用与维护：软件使用与维护即是运行维护阶段，此阶段是软件生存周期中时间最长的阶段，已交付的软件投入正式运行使用后，便进入运行维护阶段，此阶段的主要任务是使软件持久地满足用户的需要。具体地说，当软件在使用过程中发现错误时应该加以改正；当环境改变时应该修改软件以适应新的环境；当用户有新要求时应该及时改进软件以满足用户的新需要。软件的维护不仅包括程序代码的维护，还包括文档的维护，文档有用户文档和系统文档，文档必须与程序代码同时维护。

2) 退役：软件生存周期中的最后一个阶段，即停止软件的使用。

## 2. 软件开发过程

把用户的要求转化成软件产品的整个过程称为软件开发过程。这个过程包括对用户的要求进行分析并解释成软件需求，把需求变换成设计，把设计用代码来实现，测试并调试该代码，

安装代码，把软件交付运行使用。软件系统的开发按阶段进行，一般划分为以下阶段：可行性研究、需求分析、系统设计（概要设计、详细设计）、程序开发（编码、单元测试）、系统测试和调试、系统维护。

软件开发过程中要明确各阶段的工作目标，明确实现该目标所必需的工作内容。只有在上一个阶段的工作完成后，才能开始下一阶段的工作，在进行每一阶段时都必须编写同步文档，文档包括开发过程中的所有技术资料以及用户所需的文档，文档一般可分为系统文档和用户文档两类。用户文档主要描述系统功能和使用方法，并不考虑这些功能是怎样实现的。系统文档描述系统设计、实现和测试等方面的内容。文档是影响软件可维护性、可用性的决定因素，所以文档的编制是软件开发过程中的一项重要工作。

系统文档包括：开发软件系统在计划、需求分析、设计、编制、调试、运行等阶段的有关文档。在对软件系统进行修改时，系统文档应同步更新，并注明修改者和修改日期，如有必要应注明修改原因，应切记过时的文档是无用的文档。

用户文档包括：①系统功能描述；②安装文档，说明系统安装步骤以及系统的硬件配置方法；③用户使用手册，说明使用软件系统的方法和要求，以及疑难问题解答；④参考手册，描述可以使用的所有系统设施，解释系统出错信息的含义及解决途径。

### 3. 软件开发模型

软件开发模型（又称为软件生存周期模型）是指软件项目开发和维护的总体过程思路的框架。它指出了软件开发过程各阶段之间的关系和顺序，是软件开发过程的概括。它为软件开发过程提供原则和方法，并为软件工程管理提供里程碑和进度表。选取并采用某种软件开发模型并用其指导整个软件开发过程，就可以使软件开发有条不紊地进行。因此，软件开发模型也是软件工程的重要内容。

软件开发模型大体上可以分为如下几种类型：以软件需求完全确定为基础的瀑布模型；在开发初期仅给出基本需求的渐进式模型，如原型模型、螺旋模型、喷泉模型等；以形式化开发方法为基础的变换模型、基于四代技术的模型；基于知识的智能模型等。在实际开发时，应根据项目的特点和现有的条件选取合适的模型，也可以把几种模型组合起来使用以便充分利用各模型的优点。

#### 3.4.4 面向对象方法

传统的生存周期方法学曾经给软件产业带来了巨大的进步，部分地缓解了软件危机，但这种方法仍然存在比较明显的缺点，如：软件生产率低、软件重用程序低、软件维护艰辛、软件非用户所需等。当软件规模较大或对软件需求模糊易变时，采用生存周期方法学开发往往不能成功。为克服传统方法学的缺点，人们在实践中逐步创造了面向对象方法。面向对象方法就是在软件开发过程中把面向对象的思想运用其中并指导开发活动的系统方法，简称 OO 方法。

##### 1. 面向对象方法简介

面向对象方法起源于 20 世纪 60 年代中期的仿真程序设计语言 Simula67，20 世纪 80 年代初，Smalltalk 语言及其程序设计环境的出现成为面向对象技术发展的一个重要里程碑。到 20 世纪 80 年代中后期，面向对象的软件设计和程序设计方法已发展成为一种成熟的、有效的软件开发方法，目前面向对象方法已成为软件开发的主流方法。

面向对象方法学的出发点和基本原则是尽可能模拟人类习惯的思维方式，使开发软件的

方法与过程尽可能地接近人类认识世界、解决问题的方法与过程,从而使客观世界的问题空间与解决问题的解空间在结构上尽可能一致。面向对象方法是将现实世界的任何事务均视为对象,认为客观世界是由许多不同类的对象构成,每个对象都有自己的内部状态、运行规律,不同对象之间的相互关系和相互作用构成了完整的客观世界。面向对象方法具有以下4个要点:

(1) 客观世界任何事物都是对象,复杂的对象可由较简单的对象以某种方式组合而成。

(2) 每个对象都定义了一组数据和一组方法,数据和方法都被封装在对象之中,数据用于表示对象的静态属性,是对象的状态信息,而方法用于定义改变对象状态的各种操作。

(3) 对象按其属性进行归类,类具有一定的结构,类可以有子类(又称派生类)与父类(又称基类)。

(4) 对象彼此之间仅能通过传递消息互相联系。

面向对象方法简化了软件的开发和维护工作,提高了软件的可重用性。

## 2. 面向对象的概念

所谓面向对象就是基于对象概念,以对象为中心,以类、继承和消息为构造机制,来认识、理解、刻画客观世界和设计、开发相应的软件系统。

面向对象方法学包括了以下核心概念:

(1) 对象。对象是对现实世界事物的正确抽象,是其属性和相关操作的封装。属性表示对象的性质,属性值规定了对象所有可能的状态。对象的操作是指该对象可以展现的外部服务。从程序设计者的角度来看,对象是一个程序模块;从用户的角度来看,对象为他们提供了所希望的行为。在对象内的操作通常叫做方法。例如,大型客机可视为对象,它具有位置、速度、颜色、容量等属性,对于该对象可施行起飞、降落、加速、维修等操作,这些操作将或多或少地改变飞机的属性值(状态)。

(2) 类。类是某些对象的共同特征(属性和操作)的表示,对象是类的实例。也就是说,一个类定义了一组大体上相似的对象,一个类所包含的方法和数据描述一组对象的共同行为和属性。例如,飞行器类可包含位置、速度、颜色等属性,以及起飞、降落、加速等操作。把一组对象的共同特征加以抽象并存储在一个类中的能力,是面向对象技术最重要的一点;是否建立了一个丰富的类库是衡量一个面向对象程序设计语言成熟与否的重要标志。

(3) 继承。类之间的继承关系是现实世界中遗传关系的直接模拟,它表示类之间的内在联系及对属性和操作的共享,即子类可以沿用父类(被继承类)的某些特征。当然,子类也可以具有自己独立的属性和操作。例如,飞行器、汽车和轮船可归于交通工具类,飞行器类可以继承交通工具类的某些属性和操作。继承性是面向对象程序设计语言最主要的特点,是其他语言(如面向过程语言)所没有的。

除继承关系外,现实世界中还普遍存在着部分—整体关系。例如,汽车可以由发动机、车身、机械传动系统、电气控制系统等构成。这种关系在OO方法学中表示为类之间的聚集关系,在聚集关系下,部分类的对象是整体对象的一个组成部分。

(4) 消息。对象之间进行通信的一种构造叫做消息。当一个消息发送给某个对象时,包含要求接受对象去执行某些活动的信息。接收到消息的对象经过解释,然后予以响应。这种通信机制叫做消息传递。发送消息的对象不需要知道接收消息的对象如何对请求予以响应。消息传递是对象与其外部世界相互关联的唯一途径。对象可以向其他对象发送消息以请求服务,也可以响应其他对象传来的消息,完成自身固有的某些操作,从而服务于其他对象。例如,直升



飞机可以响应轮船的海难急救信号，起飞、加速，飞赴出事地点并实施救援作业。

简而言之，面向对象 = 对象 + 类 + 继承 + 消息。

如果一个软件系统是使用这样 4 个概念设计和实现的，那么我们认为这个软件系统是面向对象的。一个面向对象的程序的每一成分都应是对象，计算是通过新的对象的建立和对象之间的通信来执行的。

3. 面向对象方法的开发过程

面向对象是程序设计的新范型，面向对象分析、面向对象设计与面向对象编程结合在一起，形成一种新的系统开发模式。

面向对象方法的开发过程可以分成面向对象分析、面向对象设计、面向对象实现和面向对象测试 4 个部分。

（1）面向对象分析（Object Oriented Analysis, OOA）。分析的过程是提取系统需求的过程，面向对象分析的核心是利用面向对象的概念和方法为软件需求建立模型。通常把分析时收集的信息构造在三类模型中，即对象模型、功能模型和动态模型。其中对象模型采用实体—关系图描述问题域中的对象及对象之间的关系；动态模型用状态转换图描述对象的动态行为；功能模型则采用数据流程图描述系统的功能。在不同的应用问题中，这 3 种模型的重要程度会有所不同，但是，用面向对象方法开发的软件，在任何情况下，对象模型始终都是最重要、最基本的。由于对象模型是 3 个模型中关键的模型，所以面向对象分析的关键工作是分析、确定问题域中对象及对象间的关系，并建立起问题域的对象模型。

大型复杂系统的对象模型通常由 5 个层次组成：主题层、类—&—对象层、结构层、属性层和服务层。它们对应着在建立对象模型的过程中所应完成的 5 项工作。

一个好的分析模型应该正确完整地反映问题的本质属性，且不包含与问题无关的内容。分析的目标是全面深入地理解问题域，其中不应该涉及具体实现的考虑。但是，在实际的分析过程中完全不受实现的影响也是不现实的。虽然分析的目的是用分析模型取代需求陈述，并把分析模型作为设计的基础，但是在分析与设计之间并不存在绝对的界线。

（2）面向对象设计（Object Oriented Design, OOD）。面向对象设计就是用面向对象观点建立求解空间模型的过程。面向对象分析与面向对象设计很难截然分开，通过面向对象分析得出的问题域模型，为建立求解空间模型奠定了基础。面向对象设计的内容包括问题域、人机交互、任务管理和数据管理等 4 个部分的设计。如图 3.6 所示，面向对象设计模型从横向看是上述 4 个部分，从纵向看每个部分仍然是 5 个层次。

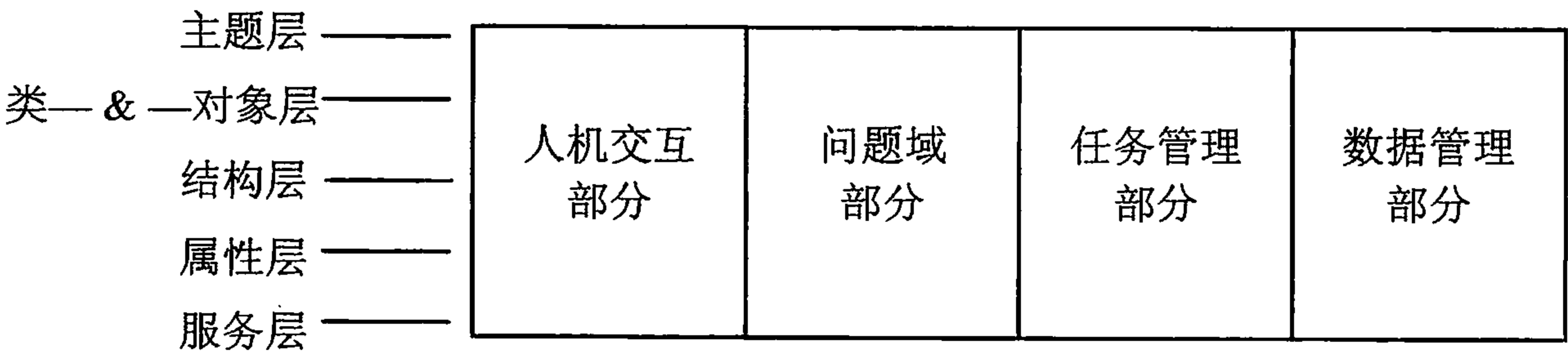


图 3.6 面向对象的设计模型

面向对象设计的问题域部分是把面向对象分析模型直接拿来，针对实现的要求进行必要的增补和调整，例如，需要对类、结构、属性及服务进行分解和重组。

其他 3 个部分则是面向对象分析阶段未曾考虑的，全部在面向对象设计阶段建立。人机交互部分包括有效的人机交互所需的显示和输入，这些类在很大程度上依赖于所用的图形用户界面环境，例如 Windows, C++，而且可能包括“窗口”、“菜单”、“滚动条”、“按钮”等针对项目的特殊类。任务管理部分包括任务的定义、通信和协调，以及硬件分配、外部系统及设备约定，可能包括的类有“任务”类和“任务协调”类。数据管理部分包括永久数据的存取，它隔离了物理的数据管理方法，无论是普通文件、带标记语言的普通文件、关系型数据库、面向对象数据库等。可能包括的类有“存储服务”，协调每个需永久保存的对象的存储。

用面向对象方法设计软件，原则上也是先进行总体设计（即系统设计），然后进行详细设计（对象设计）。当然，它们之间的界限非常模糊，事实上也是一个多次反复迭代的过程。

（3）面向对象实现（Object Oriented Realization, OOR）。设计阶段设计的对象和关联最终要用具体的编程语言或数据库实现。

面向对象实现的主要工作是把面向对象设计结果翻译成用某种程序设计语言书写的面向对象程序。为了把面向对象设计结果顺利地转变成面向对象程序，首先应该选择一种适当的程序设计语言。面向对象的程序设计语言非常适合用来实现面向对象设计结果。事实上，具有方便的开发环境和丰富类库的面向对象程序设计语言，是实现面向对象设计的最佳选择。

良好的程序设计风格对保证程序质量具有重要意义。良好的程序设计风格对面向对象实现来说尤其重要，不仅能明显减少维护或扩充的开销，而且有助于在新项目中重用已有的程序代码。良好的面向对象程序设计风格，既包括传统的程序设计风格准则，也包括与面向对象方法的特点相适应的一些新准则。

（4）面向对象测试（Object Oriented Testing, OOT）。面向对象方法学使用独特的概念和技术完成软件开发工作。因此，在测试面向对象程序的时候，除了继承传统的测试技术之外，还必须研究与面向对象程序特点相适应的新的测试技术。

面向对象测试的总目标与传统软件测试的目标相同，也是用最小的工作量发现最多的错误。但是，面向对象测试的策略和技术与传统测试有所不同，测试的焦点从过程构件（模块）移向了对象类。

一旦完成了面向对象程序设计，就开始对每个类进行单元测试。测试类时使用的方法主要有随机测试、划分测试和基于故障的测试。每种方法都测试类中封装的操作。应该设计测试序列以保证相关的操作受到充分测试，检查对象的状态（由对象的属性值表示），以确定是否存在错误。

可以采用基于线程或基于使用的策略完成集成测试。基于线程的测试是集成一组相互协作以对某个输入或某个事件作出响应的类。基于使用的测试是从那些不使用服务器类的类开始，按层次来构造系统的。设计集成测试用例，也可以采用随机测试和划分测试方法。此外，从动态模型导出的测试用例，可以测试指定的因素及其协作者。

面向对象系统的确认测试也是面向黑盒的，并且可以应用传统的黑盒方法完成测试工作。但是，基于情景的测试是面向对象系统确认测试的主要方法。

总之，面向对象的开发方法不仅为人们提供了较好的开发风范，而且在提高软件的生产率、可靠性、易重用性、易维护性方面有明显的效果，已成为当代计算机界最为关注的一种开发方法。

#### 4. 面向对象方法的 CASE 工具

面向对象的方法给了我们如何对面向对象系统进行需求分析与设计的方法指导，但是我

们不能离开面向对象的分析工具的支持。Rational（现已被 IBM 公司兼并）公司遵循 UML（统一建模语言）标准的 CASE 工具 Rational Rose 集面向对象分析、面向对象设计、测试、代码框架生成、逆向工程等工具于一身。在构建面向对象系统的整个过程中，除编码之外，可以不开离开 Rational Rose 的工具环境，就能生成软件工程全部配置。

在面向对象的系统中，系统的体系结构可以用五个视，即用例视、设计视、过程视、实现视和部署视完整地描述一个面向对象的系统。UML 的各种图则为系统的不同视提供了建模工具。

(1) 视。

1) 用例视 (use case view)。系统的用例视通过用例来描述可为用户、分析人员和测试人员所能看见和理解的系统行为，用例视的静态方面由用例图来描述。动态方面由交互作用图、状态图和活动图来描述。

2) 设计视 (design view)。系统的设计视包括系统中的类、接口和协作，也包括系统应该提供给用户的服务。设计视的静态方面由类图和对象图来描述。动态方面也由交互作用图、状态图和活动图来描述。

3) 过程视 (process view)。过程视包括形成系统的并发和同步机制的线程和过程，描述了系统的性能、可扩展性和总的处理能力。过程视的静态方面由类图和对象图来描述。动态方面由交互作用图、状态图和活动图来描述。

4) 实现视 (implementation view)。系统的实现视包括用于组装物理系统的组件和文件，主要描述了系统版本的配置管理。系统版本是由独立的组件和文件构成的可运行系统。实现视的静态方面由组件图来描述，动态方面也由交互作用图、状态图和活动图来描述。

5) 部署视 (deployment view)。部署视包括了构成并能够与运行软件系统硬件拓扑的节点，主要描述了物理系统组成部分的分布、交付和安装，部署视的静态方面由部署图来描述；动态方面也由交互作用图、状态图和活动图来描述。

(2) UML 的图。

1) 用例图。用例图描述了用例、参与者以及它们之间的关系。下面给出图书馆管理系统中图书管理员处理借书、还书的用例图，如图 3.7 所示。

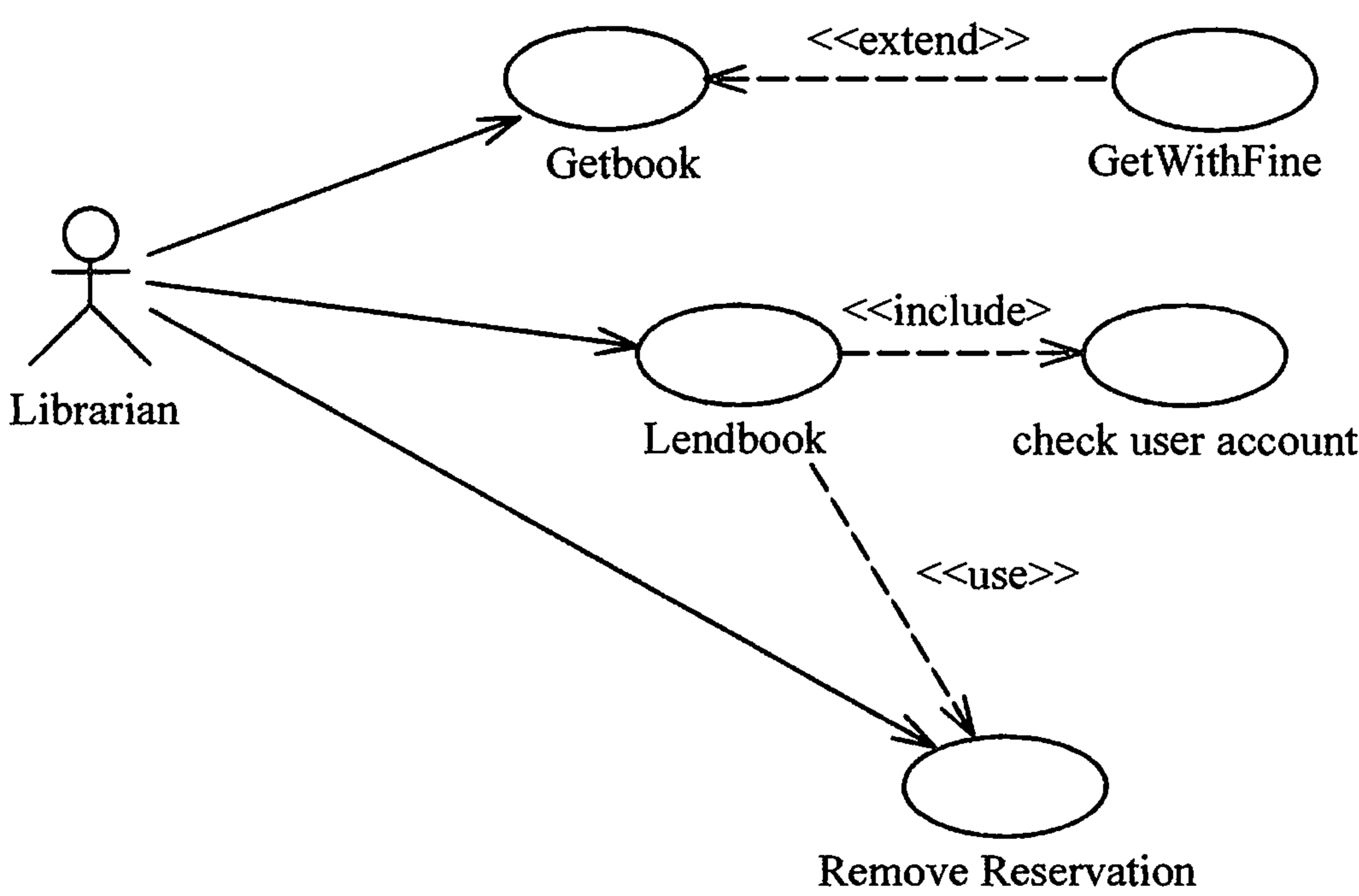


图 3.7 图书馆管理员处理借书和还书的用例图



2) 类图。类图描述了类接口协作以及类之间的关系。类图是在面向对象系统建模中最常用的图。下面给出图书馆管理系统的类图，如图 3.8 所示。

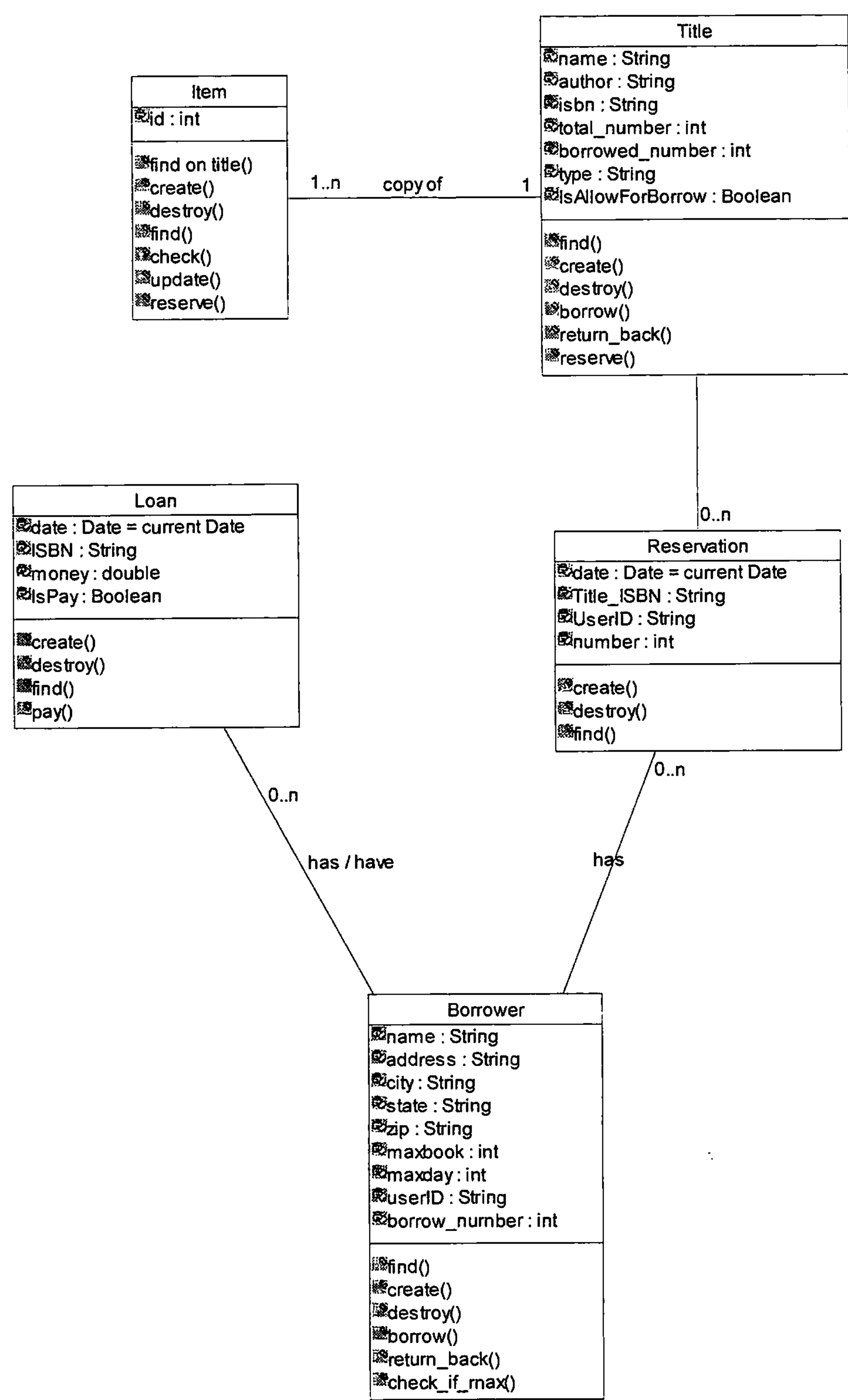


图 3.8 图书馆管理系统类图

- 3) 对象图。描述了对对象以及对象之间的关系。通常是系统某一时刻对象的快照。
- 4) 交互作用图。交互作用图包括时序图和协作图两种。交互作用图描述了对对象之间的交互作用，它由对象和对象之间的关系组成。时序图强调的是消息以时间为顺序的交互作用；协作图则强调发送和接收消息的对象的组织结构的交互作用。时序图和协作图可以相互转换。下面给出图书馆管理系统中图书管理员处理借书时的时序图，如图 3.9 所示。
- 5) 状态图。状态图描述了一个状态机，由状态、跃迁、事件和活动组成，状态图强调了对象按事件排序的行为，在对实时系统建模时，状态图尤其有用。下面给出图书馆管理系统中书的状态图，如图 3.10 所示。

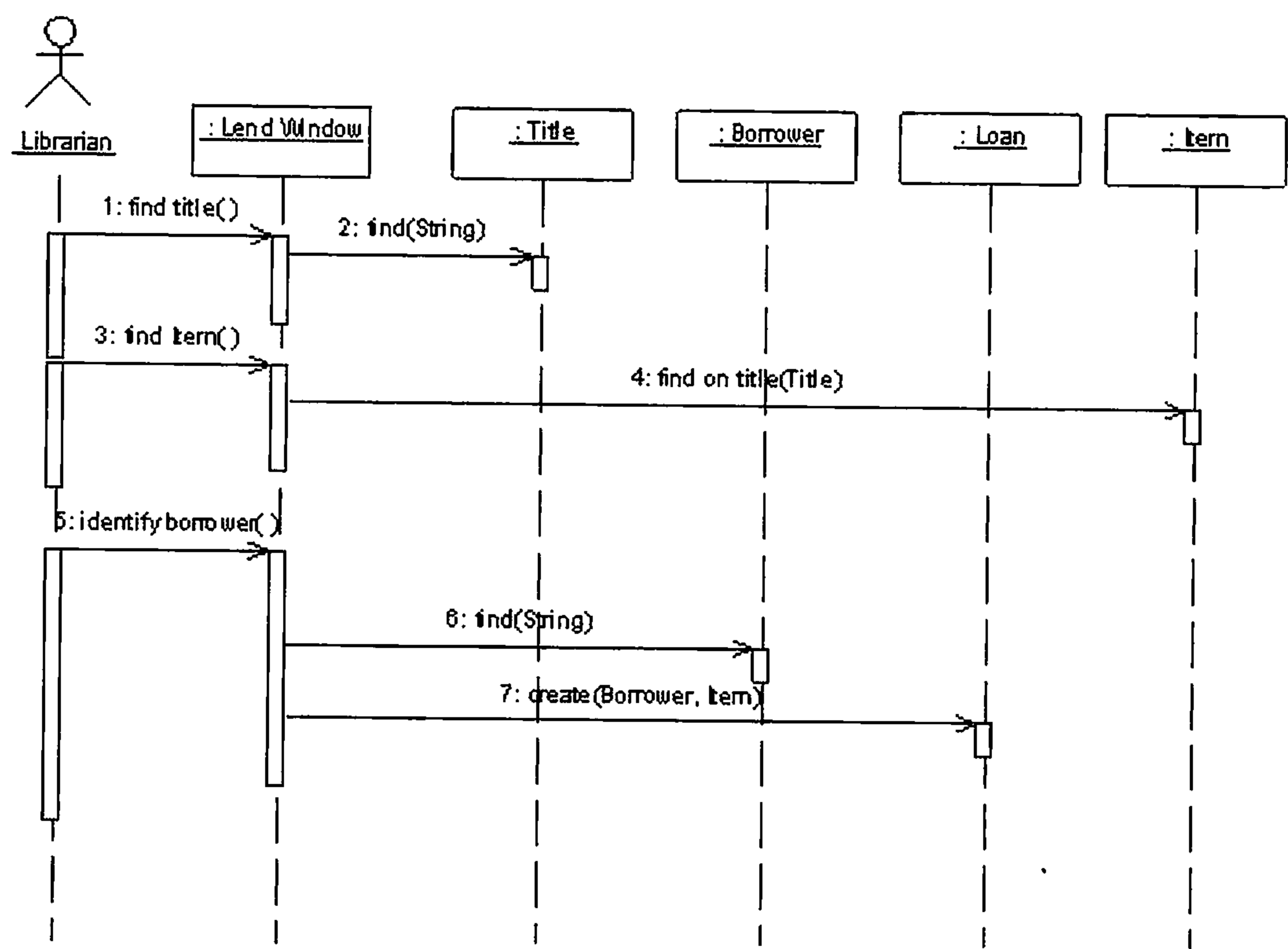


图 3.9 图书管理员处理借书的时序图（不包括预留书籍的情况）

6) 活动图。一种特殊的状态图，描述了系统中从活动到活动的控制流，活动图在为系统进行功能建模时尤其有用。下面给出图书馆管理系统中系统管理员维护借阅者账户的活动图，如图 3.11 所示。

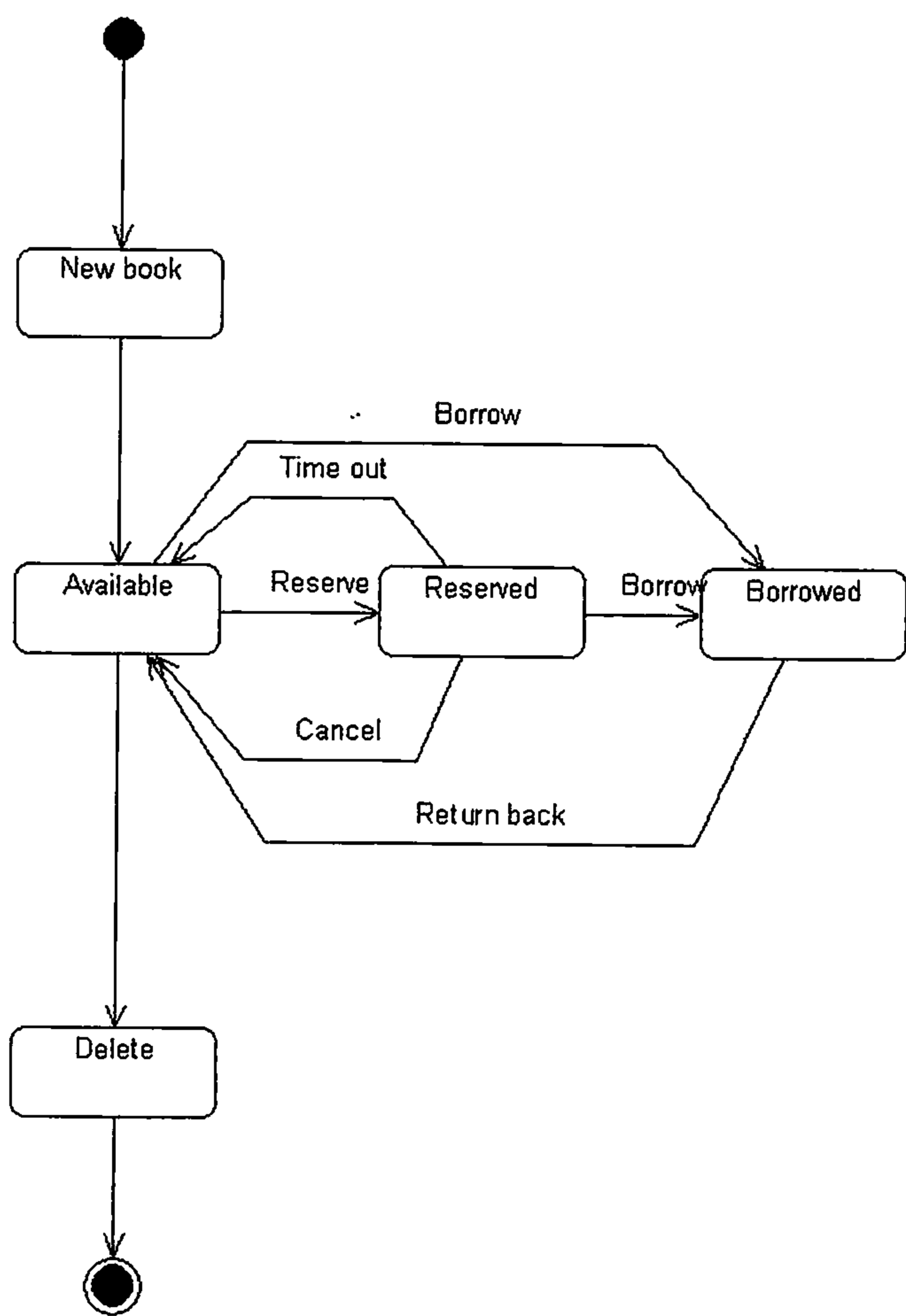


图 3.10 书的状态图

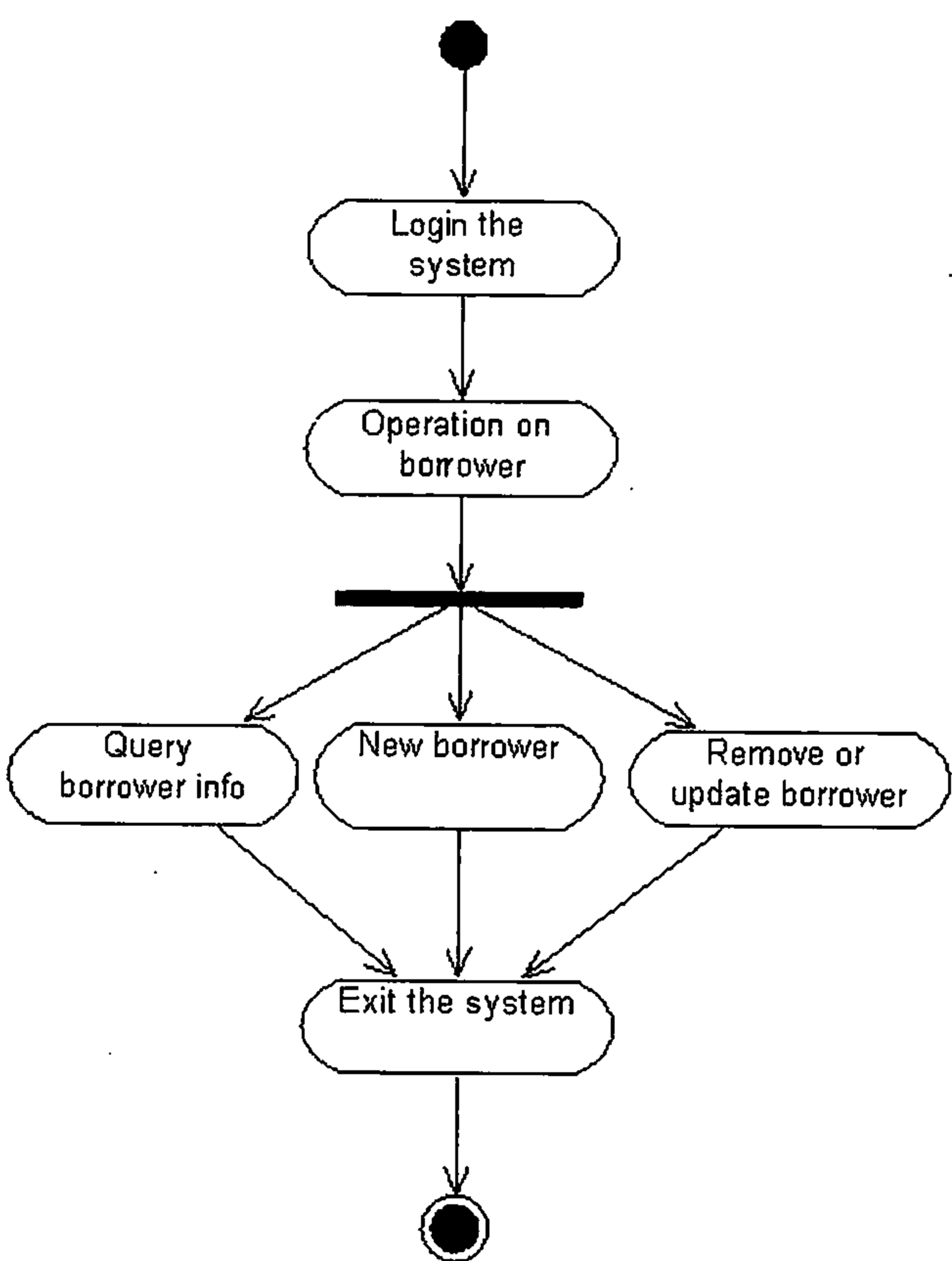


图 3.11 系统管理员维护借阅者账户的活动图

7) 组件图。描述了系统中组件的组织结构和依赖关系。下面给出图书馆管理系统中业务对象的组建图，如图 3.12 所示。

8) 部署图。描述运行处理节点和位于节点上的软件组件的配置。

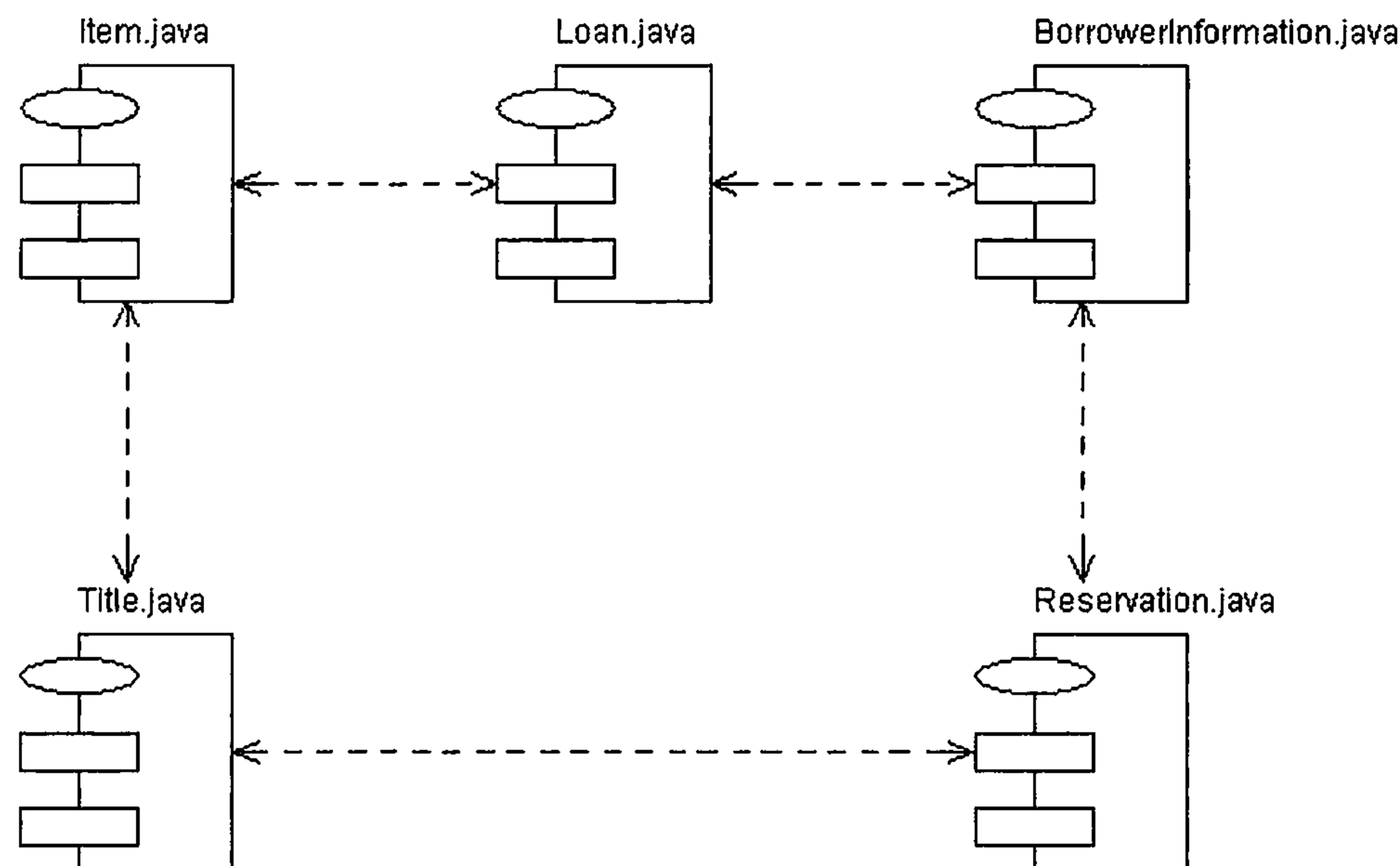


图 3.12 业务对象组件图

## 思考题与习题

1. 什么是计算机软件？计算机软件分为哪 3 种？
2. 系统软件包括哪些种类？应用软件包括哪些种类？
3. 什么是操作系统？它的主要任务是什么？目前微机上常配置的操作系统有哪些？
4. 从资源管理角度出发，简述操作系统的五大管理功能。
5. 操作系统有哪些种类？分时操作系统有何特点？
6. Windows 系列产品有哪些种类？各有何主要特点？
7. 程序设计语言翻译系统有哪 3 种？各自的作用是什么？
8. 什么是软件工程？构成软件工程的要素是什么？
9. 软件生存周期包括几个时期？每个时期又包括哪些任务？
10. 软件开发过程一般划分为哪几个阶段？
11. 什么是软件文档？软件文档分为哪几种？每种文档包括的主要内容是什么？
12. 什么是软件开发模型？列举出几种常用的软件开发模型。
13. 什么是面向对象方法？面向对象方法学的基本原则是什么？
14. 解释下列几个面向对象的核心概念：对象、类、继承、消息。
15. 面向对象方法的开发过程一般分成哪 4 个部分？简述每一部分的任务。
16. 采用面向对象方法开发软件有何优点？
17. 用面向对象的 CASE 工具完成网上购物系统的分析。要求给出用例图、类图、活动图和时序图。



## 第 4 章 计算机网络与通信

### 本章学习目标

计算机网络是一种新的知识媒体，人们不仅可以从网上获得各种各样的信息资源，而且可以在网上办公、发布文件、发送 e-mail 以及从事各种商业活动。

本章介绍了计算机网络与通信的基本知识、计算机网络的应用与操作、与 Internet 有关的技术和各种应用及其相关的软件。对于网络、协议、TCP/IP 协议的功能及它的层次结构、域名系统、因特网及其组成、WWW、e-mail 工作原理等相关的重要知识都做了重点讲解。

总之，通过本章的学习，读者应了解计算机通信的基础知识、计算机网络的体系结构与使用方式、如何使用浏览器上网等，从而为后继相关课程的学习打下坚实的基础。

计算机网络是计算机技术和通信技术相结合的产物，是随着社会对信息共享和信息传递日益增加的需求而发展起来的。计算机网络的应用正在改变着人们的工作方式与生活方式，并进一步引发世界范围内产业结构的变化，促进了全球信息产业的发展，在各国的经济、文化、科学研究、军事、政治、教育和社会生活等各个领域发挥着越来越重要的作用。

本章概要地介绍了网络的定义与分类、拓扑构型、传输介质、网络体系结构与协议以及数据通信的基本概念。

### 4.1 计算机网络

#### 4.1.1 计算机网络的定义

计算机网络是指把若干台地理位置不同，且具有独立功能的计算机，通过通信设备和线路相互联接起来，在网络操作系统、网络管理软件及网络通信协议的管理和协调下，实现信息传输和资源共享的一种计算机系统。也就是说，计算机网络是将分部在不同地理位置上的计算机通过有线的或无线的通信链路连接起来，不仅能使网络中的各个计算机（或称为结点）之间相互通信，而且能通过服务器结点为网络中其他结点提供共享资源服务。计算机网络资源包括硬件资源（如大容量磁盘、光盘、打印机等）、软件资源（如语言编译器、文本编辑器、工具软件及应用程序等）和数据资源（如数据文件和数据库等）。其中，最重要的是数据资源。

#### 4.1.2 计算机网络的发展史

计算机网络从产生到发展，总体来说可以分成 4 个阶段。

### 1. 面向终端的计算机通信网

以单个计算机为中心的远程联机系统，构成面向终端的计算机网络。用一台中央主机连接大量的地理上处于分散位置的终端。如 20 世纪 50 年代初美国的 SAGE 系统。

### 2. 分组交换网

远程终端计算机系统是在分时计算机系统基础上，通过 Modem（调制解调器）和 PSTN（公用电话网）向地理上分散的许多远程终端用户提供共享资源服务的系统。

采用分组交换技术，以通信子网为中心，主机和终端构成了用户资源子网，并存多处理中心，实现资源共享。1969 年 12 月，美国的 ARPANET 网（Internet 的前身）投入运行，标志着我们常称的计算机网络的兴起。这个时期的网络产品是相对独立的，没有统一标准。

### 3. 以“开放式标准化网络”或“开放系统互连参考模型（OSI/RM）”为标准框架

由于相对独立的网络产品难以实现互连，国际标准化组织 ISO（International Standards Organization）于 1984 年颁布了一个称为“开放系统互连基本参考模型”的国际标准 ISO 7498，简称 OSI/RM，即著名的 OSI 七层模型。20 世纪 80 年代中期出现了网络控制和互联协议（TCP/IP），Internet 出现。

### 4. 宽带综合业务数字网（B-ISDN）

1993 年，美国宣布建立国家信息基础设施 NII。美国政府又分别于 1996 年和 1997 年开始研究发展更加快速可靠的第二代因特网（Internet2）和下一代因特网。网络互联和高速计算机网正成为新一代的计算机发展方向。

## 4.1.3 计算机网络的构成

一个计算机网络系统主要由以下几个部分组成：

（1）网络通信系统。它提供结点之间的数据通信功能，这涉及到传输介质、拓扑结构以及介质访问控制一系列核心技术，决定着网络的性能，是网络的核心和基础。

（2）网络操作系统。它对网络资源进行有效的管理，提供基本的网络服务、网络操作界面、网络安全性和可靠性等措施，是实现用户透明性访问网络所必不可少的人机（网络）接口。

（3）网络应用系统。它是根据应用要求而开发的基于网络环境的应用系统。例如，在机关、学校、企业、商业等各行各业所开发的办公自动化、生产自动化、企业管理信息系统、决策支持系统、医疗管理服务系统、电子银行服务系统、辅助教学系统等应用系统。

## 4.1.4 计算机网络的分类和拓扑结构

计算机网络有多种分类方法，按所覆盖的地域范围分类，可以分为：局域网（LAN，Local Area Network）、城域网（MAN，Metropolitan Area Network）和广域网（WAN，Wide Area Network）。例如企业网和校园网是局域网。有线电视网则属于城域网。广域网多为电信部门组建，向社会开放，例如电话网、公用数据网。按采用的交换技术划分，可以分为：电路交换网、分组交换网、信元交换网（ATM 网）。按用途划分，可分为专用网（例如金融网、教育网、税务网）、公用网、（例如帧中继网）、DDN 网和 X.25 网。

网络拓扑结构用来描述网络的连接形状和组成形式，网络拓扑结构有总线型、环型、星型、网状型、树型等。

计算机网络的传输介质分为有线和无线两大类。有线传输介质有双绞线、同轴电缆、光

纤，最常用的为双绞线和光纤，光纤的带宽可以达到几十个 Gb/s，无线传输介质有微波、红外线和激光。目前，卫星通信、移动通信、无线通信发展迅速，对于计算机网络来说，无线通信是有线通信的补充。

#### 4.1.5 计算机网络协议

计算机网络协议是有关计算机网络通信的一整套规则，或者说是为完成计算机网络通信而制订的规则、约定和标准。网络协议由语法、语义和时序三大要素组成。语法：通信数据和控制信息的结构与格式。语义：对具体事件应发出何种控制信息，完成何种动作以及做出何种应答。时序：对事件实现顺序的详细说明。为了能成功地传输数据，发送者和接收者必须遵循一套交换信息的通信协议。

国际标准化组织已经定义了一套通信协议，称为开放系统互连（Open System Interconnection, OSI）。OSI 参考模型的目的是定义网络功能，为了便于实现网络的复杂功能，OSI 把网络的功能分成七层协议，对应的层次能进行数据的交换，这就要求连网的计算机和设备必须具有同样的功能和接口。

TCP/IP 是目前全世界采用最广泛的工业标准，它是 Internet 采用的协议标准，它同样按照分层的概念描述网络复杂的功能，只不过根据实际需要，TCP/IP 参考模型所定义的层次数少于 OSI 模型。

#### 4.1.6 OSI 参考模型

为了使不同体系结构的计算机网络都能互连，国际标准化组织（ISO）于 1979 年成立了一个专门的机构来研究该问题。不久，就提出一个试图使各种计算机在世界范围内互连成网的标准框架，即著名的开放系统互连基本参考模型 OSI/RM（Open Systems Interconnection Reference Model），简称为 OSI。

OSI 开放系统互连参考模型将整个网络的通信功能划分成七个层次，每个层次完成不同的功能。这七层由低层至高层分别是物理层、数据链路层、网络层、运输层、会话层、表示层和应用层。

（1）物理层（Physical layer）。物理层处于 OSI 参考模型的最低层。物理层的主要功能是利用物理传输介质为数据链路层提供物理连接，以便透明地传送比特流。

（2）数据链路层（Data link layer）。在物理层提供比特流传输服务的基础上，在通信的实体之间建立数据链路连接，传送以帧为单位的数据，采用差错控制和流量控制方法，使有差错的物理线路变成无差错的数据链路。

（3）网络层（Network layer）。网络层的主要任务是通过路由算法，为分组通过通信子网选择最适当的路径。网络层要实现路由选择、拥塞控制与网络互连等功能。

（4）传输层（Transport layer）。传输层的主要任务是向用户提供可靠的端到端（End-to-End）服务，透明地传送报文。它向高层屏蔽了下层数据通信的细节，因而是计算机通信体系结构中最关键的一层。

（5）会话层（Session layer）。会话层的主要任务是组织两个会话进程之间的通信，并管理数据的交换。

（6）表示层（Presentation layer）。表示层主要用于处理在两个通信系统中交换信息的表



示方式。它包括数据格式变换、数据加密与解密、数据压缩与恢复等功能。

(7) 应用层 (Application layer)。应用层是 OSI 参考模型中的最高层。应用层确定进程之间通信的性质,以满足用户的需要。应用层不仅要提供进程所需要的信息交换和远程操作,还要作为应用进程的用户代理 (User Agent) 来完成一些为进行信息交换所必须的功能。它包括:文件传送访问和管理 FTAM、虚拟终端 VT、事务处理 TP、远程数据库访问 RDA、制造业报文规范 MMS 和目录服务 DS 等协议。

#### 4.1.7 计算机网络的功能

为什么要建立计算机网络呢?计算机网络能带来什么样的好处呢?总的来说,计算机网络有很多用途,其中最重要的三个功能是:数据通信、资源共享和分布处理。

##### 1. 数据通信

数据通信是计算机网络最基本的功能。它用来快速传送计算机与终端、计算机与计算机之间的各种信息,用户可以在网上传送电子邮件、发布新闻消息、进行电子购物、电子贸易、远程电子教育等。

##### 2. 资源共享

“资源”是指网络中所有的软件、硬件和数据资源。“共享”是指网络中的用户都能够部分或全部地享受这些资源。资源共享指网上用户能够使用全部或部分网络资源,从而大幅度地提高各种硬件、软件和数据资源的利用率。它是计算机网络最具吸引力的功能之一。计算机中许多硬件资源是比较昂贵的,例如,大规模的高速计算中心、大容量的硬盘和打印机等。现在随着软件在计算机系统中所占的地位越来越重要,花费在软件上的资金已经占计算机使用费用的大部分。一些大型软件,如数据库、组群办公软件及其他应用软件等价格极高。通过组建计算机网络,可以让网络中的用户使用网上的大量软、硬件资源,从而节省大量不必要的开支。例如局域网中的服务器通常提供了大容量的硬盘,用户不仅可以共享服务器硬盘上的文件,而且可以独占服务器中的某些硬盘区域,这样用户可以在一个无盘的工作站上完成自己的工作。又如,在单位中常常需要打印各种资料,如果为每一个工作人员都配备一台打印机,将耗费大量的资金。但通过网络设置一台共享的打印机,就可以满足所有人的需求。

##### 3. 分布处理

在计算机网络中,每个用户可以根据情况灵活地选择计算机网络的资源,以就近的原则快速处理。对于较大型的综合问题,可以通过一定的算法将任务分解,然后交给不同的计算机去完成,从而达到均衡网络资源,实现分布处理的目的。此外,利用网络技术,还可以将多台计算机连成具有高性能的计算机系统,以并行方式共同处理一个复杂的问题,这就是称之为协同式计算机的网络计算机模式。

另外,计算机网络还能提高计算机系统的可靠性和可用性。在计算机网络中,每台计算机都可以担当后备机的角色,一旦某台计算机出现故障,其他计算机可以立即承担起故障机原来担负的任务,从而使计算机系统的可靠性得到大幅度的提高。当计算机网络中某一台计算机负载过重时,计算机网络能够进行智能判断,并将新的任务交给网络中较空闲的计算机去完成,这样就能均衡每一台计算机的负载,提高每一台计算机的可用性。

## 4.2 数据通信

### 4.2.1 数据通信的基本概念

#### 1. 数据和信息

数据是描述客观事物的，包括数字、字符、声音、图像以及所有能输入到计算机中并能被计算机程序加工处理的信号的集合。

信息是人借助于数据表示的按已知约定赋予数据的含义。信息是人们对计划、决策、管理和行动有用的数据。

信息和数据在表现形式上有许多相同，使用时也常常不加区分，但二者本质上是不同的。信息是观念性的，数据是物理性的。数据是负载信息的工具，信息是对数据的解释。

例如，1 是数据，是一个很单纯的数字。用它可以表示不同的信息，如：1 月、1 岁、1 点钟等。因此，存储在计算机中的数据可以表示各种不同的信息，为人们的管理、决策等工作服务。

#### 2. 信号

信号是数据的电磁编码或电子编码。在通信系统中，信号分为模拟信号和数字信号。其中，模拟信号指随时间连续变化的电信号，例如电话线上传送的按照语音强弱幅度连续变化的电信号；数字信号指离散变化的电信号，例如计算机产生的用于表达“0”和“1”的电压脉冲。

#### 3. 信源、信宿和信道

通信过程中发送信息的设备称为信源。通信过程中接受信息的设备称为信宿。信源和信宿之间的通信线路称为信道。

#### 4. 计算机通信

计算机通信就是通过通信信道，将某一台计算机发出的数字信号传递到另一台计算机上。计算机通信可分为数字通信和模拟通信。

数字通信是将计算机发出的数字信号不经过任何变换，以数字的形式直接通过通信线路传递到另一台计算机的通信方式。

模拟通信是指将计算机发出的数字信号，通过设备转换成模拟信号，在电话线等模拟传输信道上传输到目的地，再通过设备将这些模拟信号转化成数字信号，传递给计算机。

衡量计算机通信质量有两个主要的指标：数据传输速率和误码率。

（1）数据传输速率。是指传输线上数据的传输速度，数据传输速率有两种表示方法，即信号速率和调制速率。

信号速率是指单位时间内所传送信号的二进制代码的有效位数，单位用比特数每秒（bit/s 或 b/s）或千比特数每秒来表示。

调制速率也称码元速率，是脉冲信号经过调制后的传输速率，或者说是信号在调制过程中信号状态的变化次数，单位是波特。它主要用于表示调制解调器之间的传输信号的速率。

（2）误码率。由于通信线路的原因，信号在传输过程中会发生衰减和失真，从而导致收到的信号无法被识别。这种无法识别的信号称为误码。用来衡量数据传输中可靠性的指标是误码率，误码率是通过观测概率得到的，即在一定时间内，接收端收到的错误比特数与传输的比

特数之间的比率。

4.2.2 数据传输方式

1. 数据传输的基本方式

数据传输的基本方式可分为并行传输和串行传输两种。并行传输是指数据的各位同时进行传送，而串行是指数据一位一位地按顺序传送。图 4.1 是这两种传输方式的示意图。在计算机系统中，CPU 与存储器、主机与打印机之间的数据信息传输一般采用并行方式。在并行传输中，有多少位数据就需要多少条传输线，因此传输速度较快。而串行传输只需要一对传输线，并且可以利用现有的电话线作为传输介质，这样可以大大降低传输线路的成本，特别是在数据位数较多和远距离传输数据时，此优点更加突出。串行传输的主要缺点是其传输速度比并行传输慢。

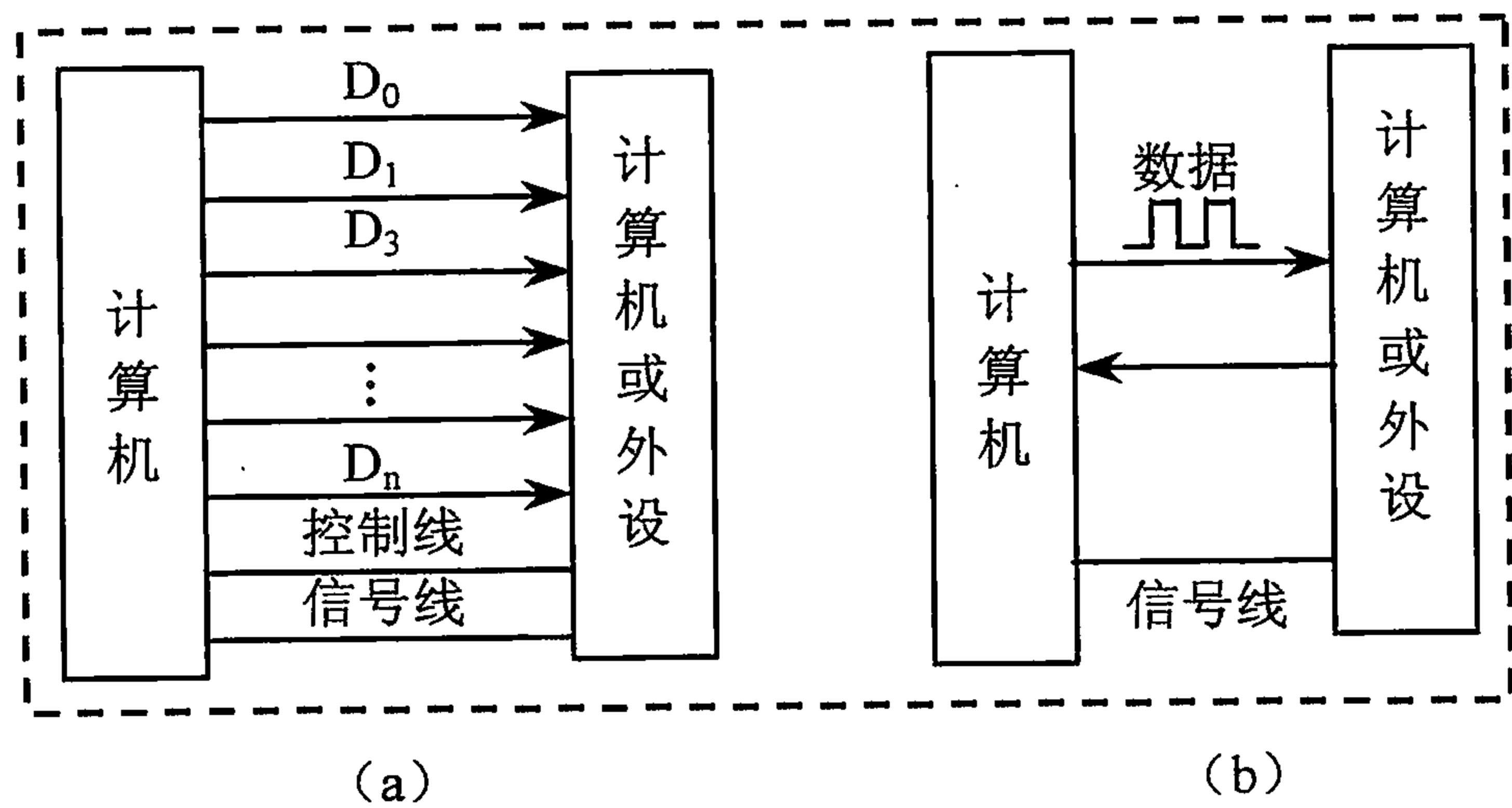


图 4.1 并行和串行传输方式示意图

2. 数据传送方向

串行通信中，数据通常是在两个站之间进行传送。按照数据传送的方向，可分为单工和双工两种方式；而双工方式又可分为半双工和全双工方式。

(1) 单工方式。在接收器和发送器之间有一条传输线，只能进行单一方向的传输，这样的传送方式称为单工方式，如图 4.2 (a) 所示。

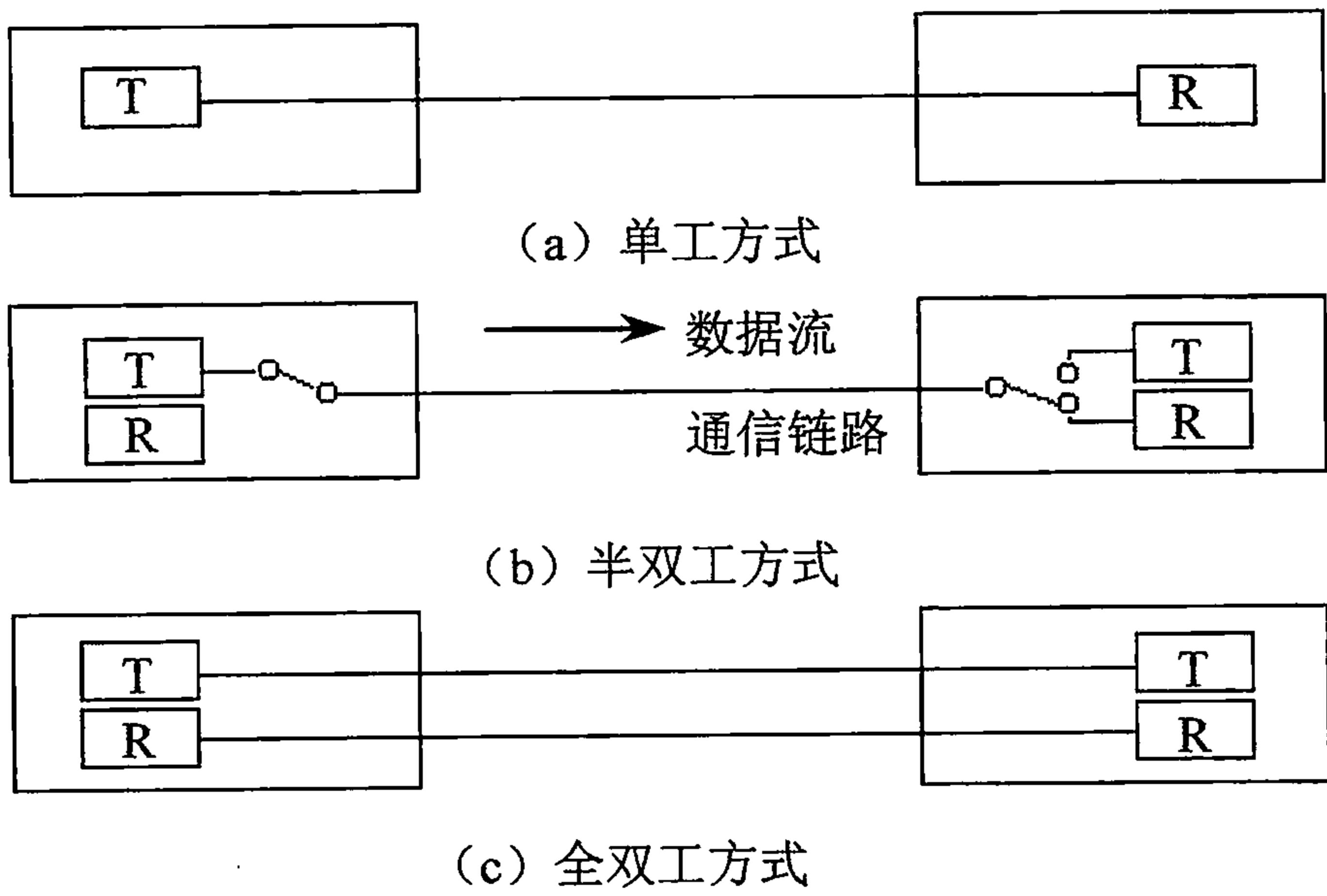


图 4.2 数据传送方向示意图



（2）半双工方式。使用同一条传输线既可作为输入又可作为输出时，虽然数据可以在两个方向上传送，但通信双方不能同时发送和接收数据，这样的传送方式称为半双工，如图 4.2（b）所示。采用半双工方式时，通信系统一端的发送器和接收器通过收发开关接到通信线路上，进行方向的切换。

（3）全双工方式。数据的接收和发送分流，分别由两条不同的传输线传送时，通信双方都能在同一时刻进行发送和接收数据，这样的传送方式称全双工方式，如图 4.2（c）所示。在全双工方式下，通信系统的每一端都设置了接收器和发送器，因此控制数据可以同时在这两个方向上传送。

4.2.3 异步传输和同步传输

串行通信中，发送端将并行数据转换成串行数据后才能发送，而接收端则需将收到的串行数据转换成并行数据。因此，为了正确地区别每一个字符以及字符中的每一位信息，要求发送端和接收端的工作必须同步。否则，可能会出现一个字符在被串行传送后，在接收时因某种原因只要错一位，则后面接收到的所有字符都是错误的。因此，串行通信中如何使收发双方同步工作是最关键的。常用的同步方法有两种：异步方式和同步方式，也称异步传输和同步传输。

1. 异步传输

异步传输的格式如图 4.3 所示。每个字符为一帧信息，它由 4 部分组成。

- （1）起始位：1 位，低电平表示。
- （2）数据位：5 位~8 位，低位在前，高位在后。
- （3）校验位：1 位，对数据进行校验，奇校验或偶校验。
- （4）停止位：1 位~2 位，高电平表示。

异步传输的特点是一个字符一个字符地传输，并且传送一个字符总是从起始位开始，停止位结束。字符之间的空闲位可任意长，没有固定的时间间隔要求。

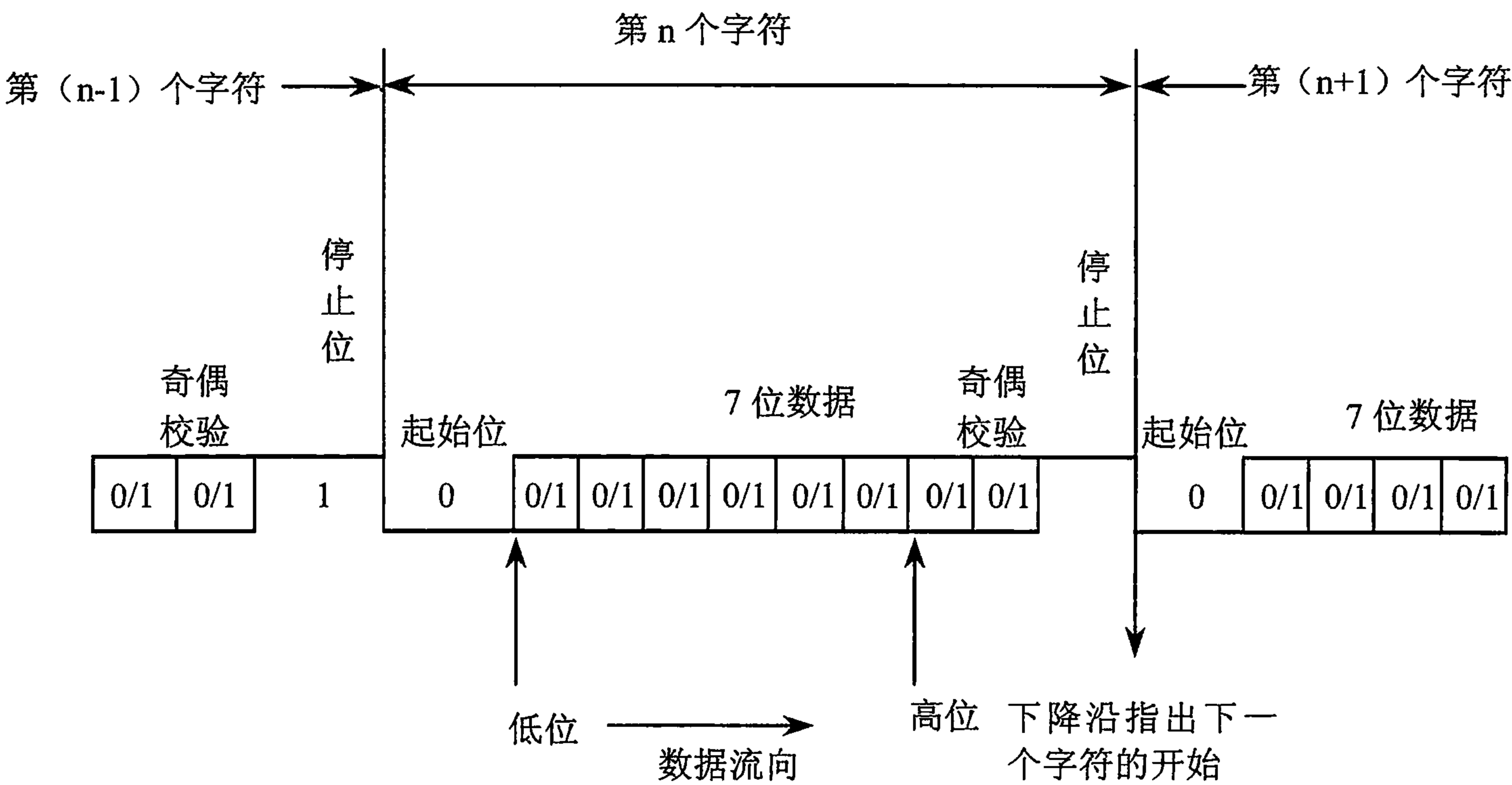


图 4.3 串行异步传输格式

如图 4.4 所示是传送字符“E”的 ASCII 码的波形。图中，第一位为低电平，表示起始位；第 2~8 位为数据位，表示传送的是字符“E”的 ASCII 45H，这是一个由低位到高位表示的二进制码 1000101；第 9 位为 0，是奇校验位，以保证数据位与校验位中含“1”的个数为奇数；最后 1 位为高电平，表示停止位。



图 4.4 字符“E”的异步传送波形

作为接收方，通过第一个低电平时为数据接收工作的开始，通过最后一个高电平时为数据的传送结束。通过校验位判断数据在传送过程中是否有误。

2. 同步传输

在异步传输中，各字符之间是异步的，而字符内部各位之间是同步的。即每个字符出现在数据流中的相对时间是随机的，接收端预先并不知道。而每个字符一经发送，接收和发送双方均以预先固定的时钟频率传送各位。

在异步传输中，每个字符要用起始位和停止位作为开始和结束的标志，这样就占用了一些时间，使数据传送时间增大。在数据块传送时，为了提高速度，可设法去掉这些标志位而采用同步传送。如图 4.5 所示，同步传送必须在数据开始处用同步字符来指明，每个数据块可根据实际情况为 512 字节、1024 字节等。

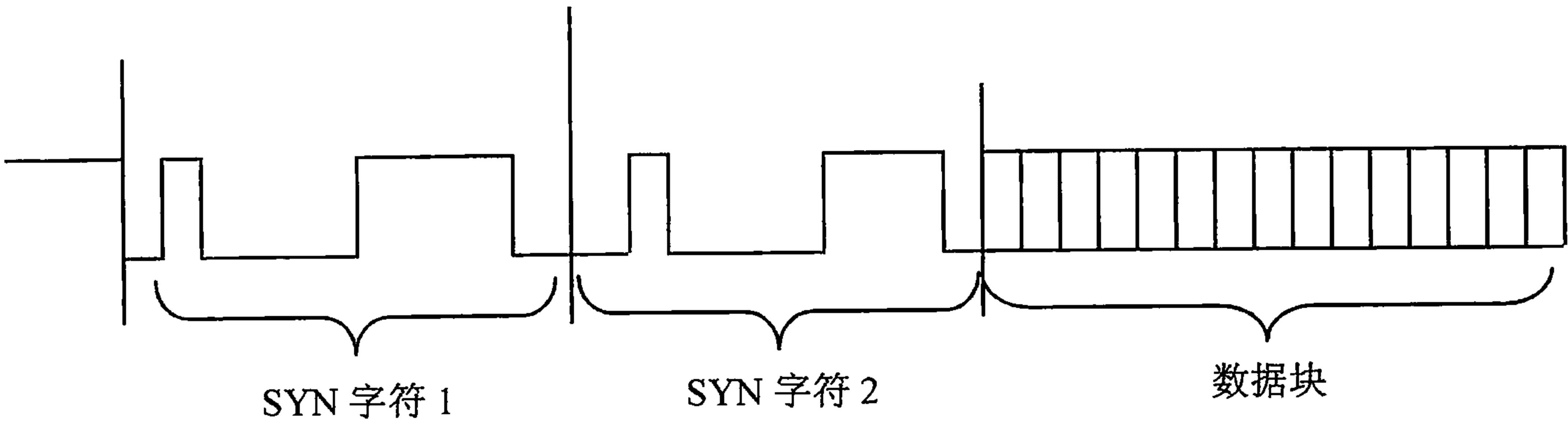


图 4.5 同步传送格式

虽然，同步传送的数据传送效率比异步传送高，传送速度也优于异步传送方式，但在通信的数据流中，要求字符与字符之间，以及字符内部的位与位之间都必须同步。这样，接收端与发送端必须以同一时钟实现双方的同步，因此其硬件电路比较复杂。

通常，同步传送适用于计算机之间的高速通信。异步通信的效率相对较低，但由于在通信过程中不需要传送相应的时钟信号，而是通过每一帧数据的起始位和停止位来进行同步，因此对支持通信的电路要求比较低，异步通信则成为一种很实用的通信方式。

4.2.4 数据传输中的检错与纠错

来自发送端的数据以特定信号的形式在信道上传输，当它到达接收端以后，接收端如何知道所接收的数据是正确的呢？提出这个问题是因为数据在信道的传输过程中不可避免地会

出现差错，而差错一般是由噪声引起的。

为了确保接收端能够检测出数据传输过程中的差错，一种有效的方法是对传输的数据进行抗干扰编码，即按一定的规则给被传送的数据码元增加一些码元（这些码元称为冗余码），使冗余码元与被传送的信息码元之间建立一定的关系。发送时，冗余码与信息码一同发送，经信道传输后，接收端按预先确定的规则进行译码，进而发现错误或纠正错误。

抗干扰编码分为两大类，一类是只能发现错误的检错码，另一类是既能发现错误又能纠正错误的纠错码。

### 1. 检错码

检错码是指在发送每一组信息时发送一些附加位，通过这些附加位，接收端可以判断所接收的数据是否正确。如果存在错误，它不纠正错误，而是通过反馈信道将出错信息告诉发送端，让发送端重新发送该信息，直到接收端收到正确的数据为止。

最简单的检错码为奇偶校验码。即在一个二进制数据字上加一位，以检测差错。

例如，在偶校验时，要在每一个数据字上增加一个附加位，使该码字中“1”的个数为偶数。在奇校验时，要在每一个数据字上增加一个附加位，使该码字中“1”的个数为奇数。接收端据此校验位确定是否出现差错。

奇偶校验并不是一种十分安全可靠的检错方法，如果有偶数个数据位在传输中同时出错，则接收端无法检测出差错，所以检错概率为 50%。但是对于低速传输而言，奇偶校验是一种令人十分满意的检错法。若需检测多位差错，最精确、最常用的检错码是循环冗余校验（CRC）码。

### 2. 纠错码

纠错码是指在发送每个组信息时发送足够的附加位，借助这些附加信息，接收端在接收译码器的控制下不仅可以发现错误，还能自动纠正错误。

如果采用这种编码，传输系统中无须反馈信道就可以实现通信，但译码器设备将变得比较复杂，而且所选用的纠错码与信道干扰有关。在某些情况下为了纠正差错，需要附加的冗余码较多，这将会降低传输的效率。

目前，比较常见的纠错编码有海明纠错码、正反纠错码等。

## 4.3 因特网

### 4.3.1 因特网的历史演变

因特网的英文原词是“Internet”，它起源于 1969 年在美国建立的 ARPA 网，ARPA 网最初连接了美国的一些大学和研究所，在这个网络中第一次使用了在今天使用非常普遍的分组交换技术。随着网络技术的发展，连接到 ARPA 网中的结点数量不断增加，许多美国大学开始连接 ARPA 网。1973 年 ARPA 网首次延伸到美国以外的地方，挪威和英国成为首批国际连网成员。激增的网络连接使原有的 ARPANET 协议暴露出自身的弱点，专家开始深入研究适合于在多个网络互联时使用的协议。1974 年，专门为在互联网上通信设计的 TCP/IP 模型和协议产生了。它在 ARPA 网上的应用使得连入 ARPA 网成为一件很容易的事情。

1983 年以后，ARPA 网的管理权移交给美国国防部通信局，其中的军事部分分成一个单



独的子网，称为 MILNET。

在 20 世纪 70 年代末，美国国家科学基金会（NSF）注意到了 ARPA 网在大学科研上所起的重要作用，但更多的大学要连入 ARPA 网必须经过国防部的同意。1984 年，NSF 开始设计并建立替代 ARPA 网的高速互联网，以使所有美国大学可以自由地加入其中。这个互联网称为 NSFNET。

NSFNET 从一开始就使用了简单易用的 TCP/IP 协议，从而使得连接到 ARPANET 和 NSFNET 上的网络、机器和用户快速增长，产生了专门的“互联网”的概念。最早的互联网 ARPANET 和 NSFNET 在进入 20 世纪 90 年代后逐步退出了互联网家族，取而代之的是现在人们广泛使用的因特网。因特网将各大洲、各个国家、各个机构原有的网络通过 TCP/IP 模型和协议进行连接。任何一台运行 TCP/IP 协议的机器，只要它拥有自己的 IP 地址，可以向因特网上的其他所有机器发送数据包，就说明它已经连入了因特网。

因特网上交流的自由性是它最大的魅力，它集合了世界上主要地区和国家的网络和这些网络上的知识。每一个加入因特网的用户都渴望得到这些知识，同时，每一个加入因特网的用户又在增加因特网上传播的知识和信息。

4.3.2 因特网的构成

随着计算机技术和通信技术的发展，计算机网络已经从单纯的局域网向城域网、广域网发展。最能够代表这一趋势的便是因特网（Internet）的发展和普及。在今天，因特网已经从最初的几个结点发展为上亿个结点的超大型网络，从而渗透到人们的工作、学习和生活中的各个方面。

1. 什么是因特网

因特网是全球性的、最具影响力的计算机互联网络，同时也是世界范围的信息资源宝库。从网络设计者的角度考虑，因特网是计算机互联网的一个实例，由分布在世界各地、数以万计的、各种规模的计算机网络，借助于网络互联设备——路由器，相互连接而形成的全球性的互联网络，它就像覆盖在地球表面的一个巨大藤蔓，有主藤，有支藤，主藤称之为主干网，支藤从主藤上滋长。这个巨大的藤蔓以美国为根，正以惊人的速度向各个国家和地区滋生，目前已延伸到了 180 多个国家和地区。因特网的逻辑结构如图 4.6 所示。

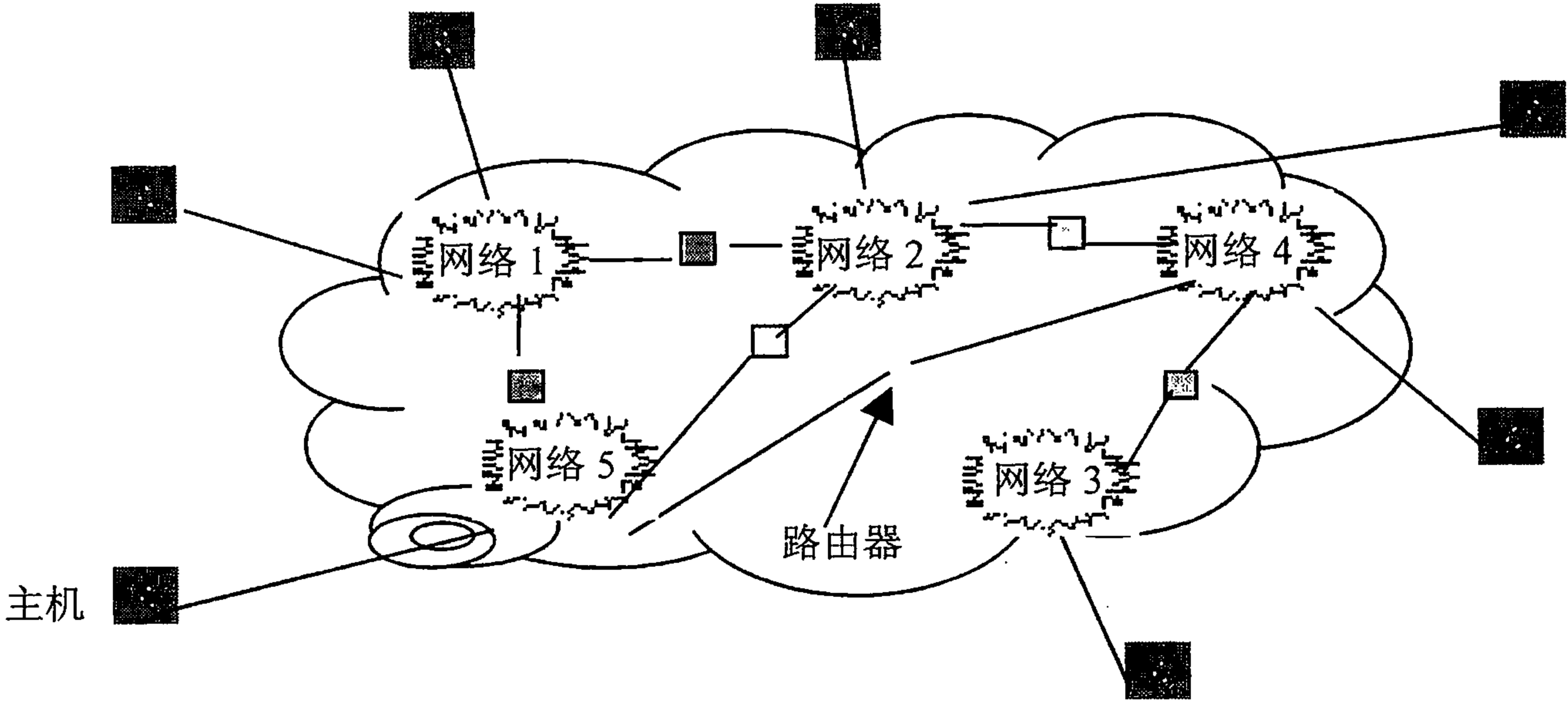


图 4.6 因特网的逻辑结构

目前,美国高级网络和服务公司(ANS, Advanced Network and Services)所建设的 ANSNET 为因特网的主干网,其他国家和地区的主干网通过接入因特网主干网而连入因特网,从而构成了一个全球范围的互联网络。

从因特网使用者的角度考虑,因特网是一个信息资源网。因特网是由大量主机通过连接在单一、无缝的通信系统上而形成的一个全球范围的信息资源网,接入因特网的主机既可以是信息资源及服务的提供者(服务器),也可以是信息资源及服务的消费者(客户机)。因特网的使用者不必关心因特网的内部结构,他们所面对的只是接入因特网的大量主机以及它们所提供的信息资源和服务。因特网上的主机及其所拥有的资源就像巨大藤蔓上结出的硕果,享用者不必考虑藤蔓是如何生长的,只求发现并获得果实。因特网的用户视图如图 4.7 所示。

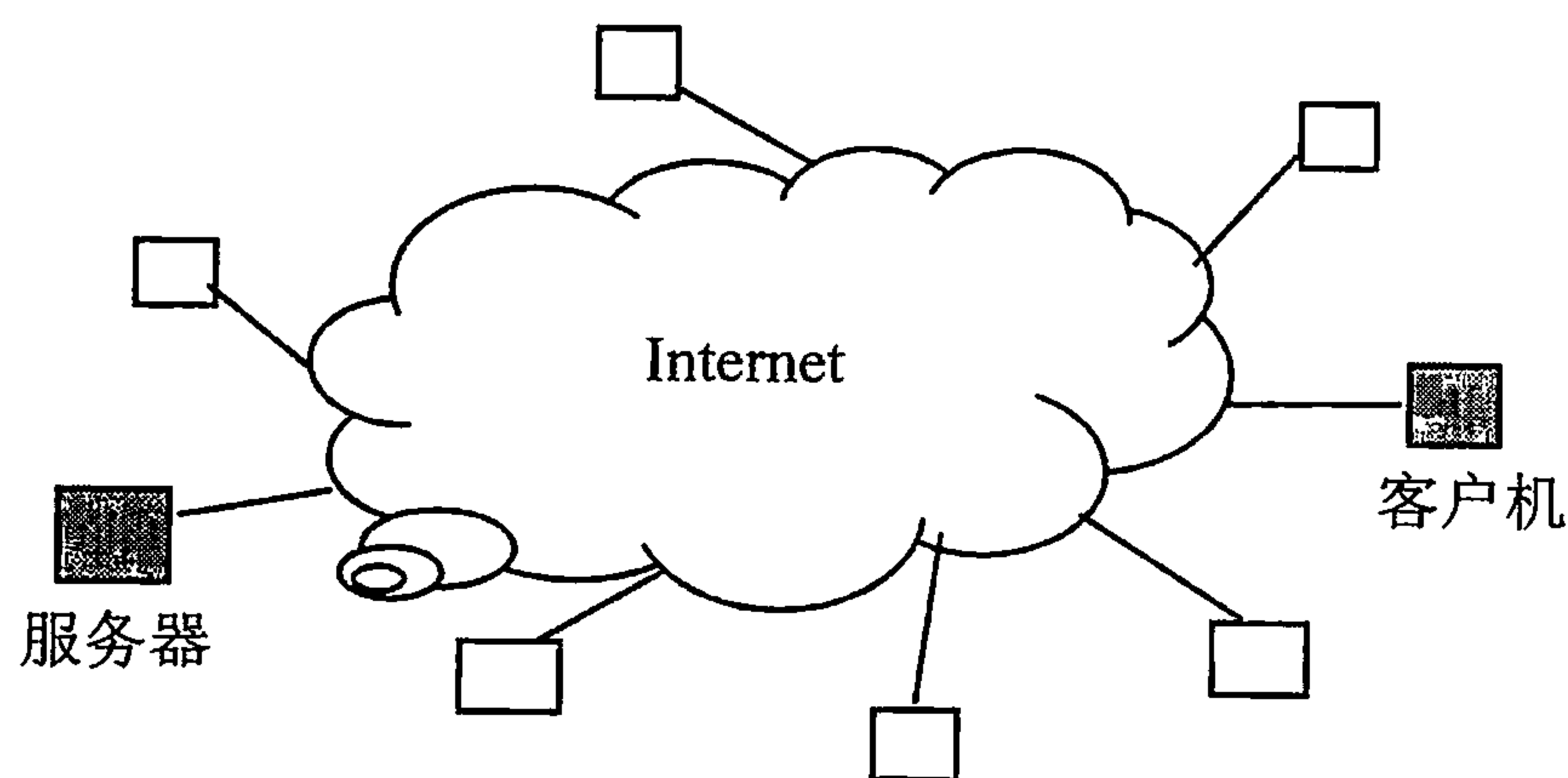


图 4.7 因特网的用户视图

因特网代表着全球范围内一组无限增长的信息资源,是人类所拥有的最大的知识宝库之一。随着因特网规模的扩大,网络和主机数量的增多,它所提供的信息资源及服务将更加丰富,其价值也将越来越高。

需要注意的是,互联网的英文是“internet”,它泛指通过某种方式将一些区域性网络进行连接后构成的网际网络;因特网的英文是“Internet”,它特指互联网中的一种。并不是所有的 internet 都可以称为因特网。

因特网使用 TCP/IP 协议,使用全球唯一的 IP 地址区别不同的终端,使用全球范围内的域名服务系统——DNS 映射网络域名和地址。

## 2. 因特网的主要组成部分

(1) 通信线路。通信线路是因特网的基础设施,各种各样的通信线路将因特网中的路由器、计算机等连接起来,可以说没有通信线路就没有因特网。因特网中的通信线路归纳起来主要有两类:有线线路(如光缆、铜缆等)和无线线路(如卫星、无线电等),这些通信线路有的是公用数据网提供的,有的是单位自己建设的。

通信线路的传输能力通常用“数据传输速率”来描述。另一种更为形象的描述通信线路传输能力的术语是“带宽”,带宽越宽,传输速率也就越高,传输速度也就越快。

(2) 路由器。路由器(在因特网中有时也称为网关)是因特网中最为重要的设备,它是网络与网络之间连接的桥梁。

当数据从一个网络传输到路由器时,路由器需要根据数据所要到达的目的地,为其选择一条最佳路径,即指明数据应该沿着哪个方向传输。如果所选的道路比较拥挤,路由器负责指挥数据排队等待。

数据从源主机出发通常需要经过多个路由器才能到达目的主机，所经过的路由器负责将数据从一个网络送到另一个网络，数据经过多个路由器的传递，最终被送到目的网络。

(3) 服务器与客户机。计算机是因特网中不可缺少的成员，它是信息资源和服务的载体。接入因特网的计算机既可以是像“深蓝”一样的巨型机，也可以是一台普通的微机或笔记本，所有连接在因特网上的计算机统称为主机。

接入因特网的主机按其在因特网中扮演的角色不同，可分成两类，即服务器和客户机。所谓服务器就是因特网服务与信息资源的提供者，而客户机则是因特网服务和信息资源的使用者。作为服务器的主机通常要求具有较高的性能和较大的存储容量，而作为客户机的主机可以是任意一台普通计算机。

服务器借助于服务器软件向用户提供服务和管理信息资源，用户通过客户机中装载的访问各类因特网服务的软件访问因特网上的服务和资源。

因特网中的服务种类很多，如 WWW 服务、电子邮件服务、文件传输服务、Gopher 服务、新闻组服务等。用户可以通过各种服务来获取资料、搜索信息、相互交流、网上购物、发布信息、进行娱乐。

(4) 信息资源。信息资源是用户最为关注的问题之一。如何较好地组织信息资源，使用户方便、快捷地获取信息资源一直是因特网的发展方向。WWW 服务的推出为信息资源提供了一种较好的组织形式，方便了信息的浏览，同时因特网上众多搜索引擎的出现使信息的查询和检索更加快捷和便利。

因特网上信息资源的种类极为丰富，主要包括文本、图像、声音或视频等多种信息类型，涉及科学教育、商业经济、医疗卫生、文化娱乐等诸多方面。用户可以通过因特网查找科技资料、获取商业信息、收听流行歌曲、收看实况转播。

#### 4.3.3 TCP/IP 参考模型

IP 协议的全称是“网际协议”(Internet Protocol)。它是专门为网络互联的目的而设计的。因特网上采用的是信息包交换(Package switching)技术。所有要发送的消息被分割成大小不同的信息包，在信息包的头部包含了 IP 协议所要求的各种信息，其中最重要的是信息包的源地址和目的地址。无论信息包需要从哪里传送到哪里，因特网上的路由设备和交换设备都会根据信息包头部的地址信息帮助它选择合适的路径到达目的地，然后这些分别到达的信息包再重新组合成完整的信息。

TCP 协议的全称是“传输控制协议”(Transmission Control Protocol)。它是一个面向连接的协议，允许从一台机器发出的信息包被准确地发送到互联网上的其他机器。TCP 协议在互联网上发送数据时，将完整的消息流封装成许多信息包；在接收数据时，将信息包重新组成消息。同时 TCP 协议还要担负流量控制的任务，借此平衡接收方和发送方之间数据传送的速度。

与 TCP 协议共同使用的还有 UDP 协议，它的全称是“用户数据协议”(User Datagram Protocol)。这个协议与 TCP 协议不同，它用于那些需要快速传送而不是可靠连接的场合。UDP 协议定义的数据传输不需要使用 TCP 的排序或流量控制。

IP 协议并不能保证信息包完全正确地传送到目的地，需要符合 TCP 协议的应用实体协助判定信息包是否丢失，传送是否超时，是否需要重新发送信息包。信息包到达目的地址的顺序也不固定，需要符合 TCP 协议的实体将这些先后到达的信息包重新组装成消息。TCP 协议为



网络传输提供了可靠的保证。

我们常常说到的 TCP/IP 协议，其实是上述 3 个协议的总称。一般情况下 UDP 协议被忽略了，但它在网络数据传输中的作用却不可忽略。

TCP/IP 协议定义了网络间的数据传输模式，在所有符合这种模式的网络之间都可以进行无障碍的数据传输。这种网络间的连接方式需要使用一种模型进行说明，这就是 TCP/IP 参考模型。表 4.1 所示的就是 TCP/IP 参考模型中的层次结构，以及各种协议在此层次结构中的位置。

表 4.1 TCP/IP 参考模型

网络层	执行的协议	
应用层	FTP, Telnet, SMTP, MIME, X HTTP, Kerberos, DNS	NFS, SNMP, TFTP, RPC, DNS, 专用协议
传输层	TCP	UDP
网络层	IP, ICMP, IGMP	
数据链路层	HDLC, PPP, SLIP, Ethernet, X.25, FDDI, TokenRing	
物理层	RS-232, V.35, 10Base, FiberOptic	

在表 4.1 中，很容易了解到 TCP、UDP、IP 协议是如何将不同的网络形式互相连接起来的。这些网络在互联时都遵循 TCP/IP 协议的规范，使用 TCP/IP 协议组中的定义方式进行无阻碍的数据传输。网络上的用户可以自由地使用 Telnet、FTP、DNS 等网络应用，而不必关心数据是如何传输的，也不必关心数据来源和去向的确切位置。TCP/IP 协议组负责管理和安排这一切。

4.3.4 TCP/IP 应用举例

在 4.3.3 节中已经介绍过，Internet 上的标准协议叫 TCP/IP（传输控制协议/网间协议），也就是 ARPANET 工程所开发的协议。可以这样说，TCP/IP 便是 Internet 的操作系统，就像用户机器上的操作系统可能是 Microsoft Windows 一样。

TCP/IP 成功的关键在于它以很小的包发送信息，而这些小的信息包并不需要按顺序到达对方，甚至不需要按同一路径来传送。下面用一个具体的例子来说明这一点。

假设你写了一部小说，并想把它整个寄给出版商。将它放在一个包里当然最简单了，但显得太雍肿。更糟的是，万一这个邮包丢了怎么办？相反，如果将它分成几个小的部分，例如 4 份，如果其中一个包丢了，则只需要重发这本书的四分之一，而不是整本书。

TCP/IP 做的第一件事情是把它分成许多小份（称做包），每个包像一个信封，因为它既有返回地址，也有目的地址，还包括了关于这个包的大小的信息。因此，另一端的计算机通过检验这个包就可以知道是否完好；而且这些包都已编号，因此这些文件便可以完整地顺序组合起来。我们这个例子也是如此，由于章节和页是编好号的，因此出版商一眼就能知道哪部分该放在什么地方。

现在每个包都已放到 Internet 上去了，因为 Internet 运作的一个重要特征是它不依赖于某台特定计算机或者某组计算机，因此，这些包并不需要经由某个中央计算机，TCP/IP 只要检查一下目前包在什么位置，以及它将往哪里去，然后从站点的路由表中（路由表是一个文件，它会根据包的去向告诉网络下一步该把数据发往哪里）查找信息，最后将包发到合适的地方去。

这个过程一直进行，直到包到达指定的地点和指定的人。对于你的这部小说也一样，将 4 个包放到邮箱里，然后它们到达邮局，但不一定在同一条邮路上，可能是不同的旅途。不过，它们最终都会到达出版商那里，出版商将包裹打开，再将这本小说整理复原。一个文件在网上旅行的示意图如图 4.8 所示。

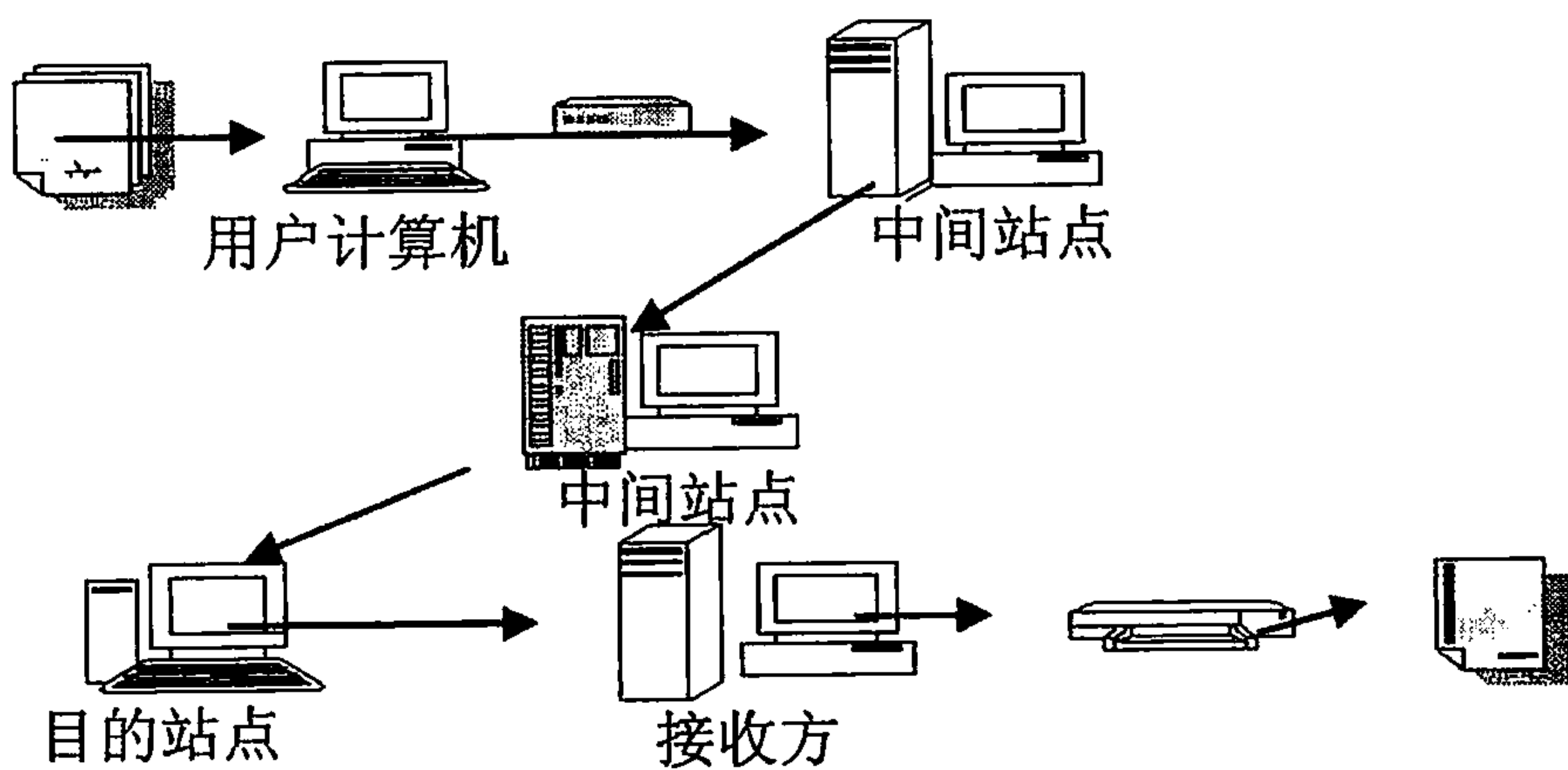


图 4.8 一个文件在网上旅行的示意图

4.3.5 IP 地址与域名

1. IP 地址

在因特网上，每台主机、终端、路由器都有自己的 IP 地址。这个 IP 地址是全球唯一的，用于标识本机在因特网中的位置。每个 IP 地址分为 4 个段，共 32 位。每段中使用一个 0~255 的十进制数字，每段之间用“.”分隔。这种地址形式的每一段对应一个 8 位二进制数字或一个 2 位十六进制数字。采用十进制数字记录 IP 地址是为了便于记忆，在网络上运算和寻址时实际使用的是二进制或十六进制数字。表 4.2 给出了 IP 地址的十进制、二进制和十六进制形式。

表 4.2 IP 地址的不同形式

类别	表示形式
二进制	10100110 01101111 00001001 00000010
十六进制	A6 6F 09 02
十进制	166.111.9.2

在二进制和十六进制的 IP 地址中，无需使用分隔符。在表 4.2 中，为了更好地将 3 种地址形式进行对应，在二进制和十六进制地址中使用空格进行了分段表示，每一段都与十进制 IP 地址中的一段对应。

每个 IP 地址由网络标识 (NetID) 和主机标识 (HostID) 两部分组成，分别表示一台计算机所在的网络和在该网络内的这台计算机。IP 地址按第一个字节的前几位是 0 或 1 的组合，标识为 A、B、C、D、E 五类地址，如图 4.9 所示。如果第一个字节的第一位为 0 (前 8 位表示网络号)，表示为 A 类地址，A 类地址共有  $2^7-2=126$  个供网络使用，网络内的主机数可以达到 1677 多万台，A 类地址均配给大型网络使用。如果前两位的组合为 10 (前 16 位表示网络号)，表示为 B 类地址，B 类地址有 16382 个，适用于中等规模的网络，每个网络内的主机数目最多可达到 65534 台。如果前 3 位的组合为 110 (前 24 位表示网络号)，表示为 C 类地址，

C 类地址最多约 209 万个，分配给小型网络，每个网络内的主机数目最多为 254 台。前 4 位组合为 1110，表示为 D 类地址。前 5 位组合为 11110，表示为 E 类地址。D 类和 E 类地址有特殊的用途。

A 类地址：



B 类地址：



C 类地址：



图 4.9 IP 地址格式

因特网上的 IP 地址由网络信息中心（Network Information Center）负责分派，以避免重复和冲突。网络信息中心不可能直接为连入因特网的所有机器分配 IP 地址，而是通过连入因特网中各个子网的网络管理人员负责在本子网范围内分配指定的 IP 地址段。

例如，某大学获得的 IP 地址范围是 166.111.0.0~166.111.255.255，这个地址范围中包含 65536 个 IP 地址。在 IP 地址的 4 个段中，后两个地址段的数字完全由该大学网络管理员负责分配。在该大学内部，65536 个 IP 地址的分配任务对于网络管理员来说也太繁重了，他可以将任务交由更小的子网管理员来完成。

假设，166.111.36.1~166.111.36.255 这个 IP 地址被网络管理员分配某个系，由这个系的网络管理员在系内子网上进行分配。255 个 IP 地址对于中等规模稍大的系来说是基本上够用的。所以一般一次分配 2~3 个这样的地址段给某一个子网。这种 IP 地址分配方法是“静态”的，是目前使用比较普遍的一种 IP 分配方法。

2. 域名

数字形式的 IP 地址难以记忆，故在实际使用时常采用字符形式来表示 IP 地址，即域名系统 DNS（Domain Name System）。域名系统采用的是一种层次结构的命名机制，即域名由若干子域名构成，子域名之间用小数点的圆点来分隔。

域名的层次结构如下：

....三级子域名.二级子域名.顶级子域名

每一级的子域名使用不同的名称缩写，代表不同领域的计算机。级别最低的子域名写在最左边，而级别最高的顶级域名写在最右边。一个完整的域名不超过 255 个字符，其子域级数一般不予限制。表 4.3 列举了某些缩写名称。

表 4.3 中左侧列举了一些职能机构的主机域名缩写，右侧列举了部分国家和地区的主机地域域名缩写。美国作为因特网的诞生地，不使用地域域名。

例如，清华大学的 WWW 服务器的域名是WWW.TSINGHUA.EDU.CN。在这个域名中，顶级域名是 CN(表示中国)，第二级子域名是 EDU(表示教育部)，第三级子域名是 TSINGHUA（表示清华大学），最左边的 WWW 则表示某台主机名。又如，WWW.YAHOO.COM表示的是一个商业机构雅虎的主机域名。



表 4.3 因特网域名规定

域名	中文含义	域名	中文含义
Edu	教育机构	Cn	中国
Gov	政府部门	Uk	英国
Mil	军事部门	Ca	加拿大
Ner	计算机网络服务机构	Au	澳大利亚
Org	社会组织	Tw	中国台湾
Com	商业机构	Hk	中国香港
int	国际组织	jp	日本

域名其实就是入网计算机的名字，它的作用就像寄信需要写明收信人的名字、地址一样重要。实际上，Internet 地址是数字而不是用文字表达的名字，但是名字容易记忆。当使用域名表示 Internet 地址时，计算机系统必须将其转换成数字形式的地址后再使用。

4.3.6 Internet 的连接方式

为了访问 Internet，必须要有一个连接，这个连接可以是直接连接到 Internet 或通过提供商间接连接 Internet。主要有 3 种连接方式：

1. 直接或专线连接

访问 Internet 上所有功能最有效的方法是直接连接或使用专线。由于这种连接比较昂贵，个人使用的较少。但是，许多大学、服务提供商和公司等组织经常使用专线连接。专线连接的主要优点是：完全的 Internet 功能访问，对个人来说容易连接以及快速地响应和获取信息。它的主要缺点是费用高。

2. SLIP/PPP 连接

SLIP（Serial Line Internet Protocol）和 PPP（Point-to-Point Protocol）方式使用高速的调制解调器和标准的电话线，能连接到具有直接连接 Internet 能力的一个提供商。这种类型的连接需要串行线路协议（SLIP）和点到点协议（PPP）两个特殊的软件。使用这种类型的连接，用户的计算机成为客户/服务器网络的一部分，服务商或主机是提供访问 Internet 的服务器，用户的计算机是客户。使用特殊的客户软件，计算机能够与在服务商计算机和其他 Internet 计算机上运行的服务器软件进行通信。这种类型的连接广泛用于家庭用户连接 Internet。它以低于专线连接的价格提供高水平的服务。当然，这种连接方式比较慢并且不方便。

3. 终端连接

终端连接（Terminal Connection）方式和 SLIP/PPP 连接方式一样，但不同的是：客户端计算机上运行的不是支持 SLIP/PPP 协议的软件，而是仿真远地接入 Internet 的计算机终端的软件。此时它并没有直接上 Internet，而只是作为远地计算机的一个终端，通过远地计算机去访问 Internet。用户能够使用的 Internet 功能和资源完全取决于远地计算机所限制提供的应用种类。终端连接比 SLIP 和 PPP 更便宜，但是速度和方便性低于 SLIP 和 PPP。

4.3.7 Internet 的服务功能

目前，Internet 能提供多种服务，主要有电子邮件（e-mail）、远程登录（Telnet）、文件传

输（FTP）和 WWW 服务。

### 1. 电子邮件服务

电子邮件服务（又称 e-mail 服务）是目前因特网上使用最频繁的一种服务，它为因特网用户之间发送和接收信息提供了一种快捷、廉价的现代化通信手段，特别是在国际之间的交流中发挥着重要的作用。使用电子邮件可以同朋友、商业伙伴等直接联系，通过 Internet 收发电子邮件费用低、速度快。在传递时间上只需用数秒钟，即使慢的也只需数小时。

与传统通信方式相比，当今的电子邮件系统具有明显的优点：

- 电子邮件比人工邮件传递迅速，可达到的范围广，而且比较可靠。
- 电子邮件与电话相比，它不要求双方都在场，而且不需要知道通信对象在网络中的具体位置。
- 电子邮件可以实现一对多的邮件传送，这样可以使一位用户向多人发出通知的过程变得很容易。
- 电子邮件可以将文字、图像、语音等多种类型的信息集成在一个邮件中传送，因此它将成为多媒体信息传送的重要手段。

（1）邮件服务器与电子邮箱。电子邮件服务采用客户机/服务器工作方式。电子邮件服务器（后面简称为邮件服务器）是因特网邮件服务系统的核心，它的作用与人工邮递系统中邮局的作用非常相似。邮件服务器一方面负责接收用户送来的邮件，并根据邮件所要发送的目的地址，将其传送到对方的邮件服务器中；另一方面它负责接收从其他邮件服务器发来的邮件，并根据收件人的不同将邮件分发到各自的电子邮箱（后面简称为邮箱）中。

因特网中存在大量的邮件服务器，如果某个用户要利用一台邮件服务器发送和接收邮件，则该用户必须在该服务器中申请一个合法的账号，包括账号名和密码。一旦用户在一台邮件服务器中拥有了账号，则他在该台邮件服务器中也拥有了自己的邮箱。邮箱是在邮件服务器中为每个合法用户开辟的一个存储用户邮件的空间，类似人工邮递系统中的信箱。

在因特网中每个用户的邮箱都有一个全球唯一的邮箱地址，即用户的电子邮件地址。用户的电子邮件地址由两部分组成，后一部分为邮件服务器的主机名或邮件服务所在域的域名，前一部分为用户在该服务器中的账号，中间用“@”分隔。如johnnyzhang@eyou.com为一个用户的电子邮件地址，其中 eyou.com 为邮件服务器的主机名，johnnyzhang 为用户在该邮件服务器中的账号。

电子邮箱是私人的，只有拥有账号和密码的用户才能阅读邮箱中的邮件，而其他用户可以向该邮件地址发送邮件，并由邮件服务器分发到邮箱中。

（2）电子邮件格式。与普通的邮政信件一样，电子邮件也有自己固定的格式。电子邮件由两部分组成：邮件头（Mail Header）和邮件体（Mail Body）。

邮件头由多项内容构成，其中一部分内容是由电子邮件应用程序根据系统设置自动产生的，如发件人地址、邮件发送的日期和时间等，而另一部分内容则需要根据用户在创建邮件时输入的信息产生，如收件人地址、抄送人地址、邮件主题等。

邮件体是实际要传送的内容。目前使用的因特网电子邮件扩展协议（MIME, Multipurpose Internet Mail Extensions）具有较强的功能，不但可以发送各种文字和各种结构的文本信息，还可以发送语音、图像和视频等信息，例如，可以通过电子邮件为过生日的朋友发去一张音乐卡。

（3）邮件的发送和接收过程。邮件的发送和接收过程如图 4.10 所示。

第一步是用户发送电子邮件时，首先利用客户端电子邮件应用程序按规定格式起草、编辑一封邮件，指明收件人的电子邮件地址，然后利用 SMTP 协议将邮件发往发送端的邮件服务器。

第二步是发送端的邮件服务器接收到用户发来的邮件后，按收件人地址中的邮件服务器主机名，通过 SMTP 协议将邮件送到接收端的邮件服务器，接收端的邮件服务器根据收件人地址中的账号将邮件投递到对应的邮箱中。

第三步是利用 POP3 或 IMAP 协议，接收端的用户可以在任何时间、地点利用电子邮件应用程序从自己的邮箱中读取邮件，并对自己的邮件进行管理。

因特网中的邮件服务器通常要保持 24 小时正常工作，这样才能很好地服务于在其中申请账号的用户。而用户可以不受任何时间和地点的限制，通过自己的计算机和电子邮件应用程序发送和接收邮件，用户的计算机无须保持一直开机和上网。

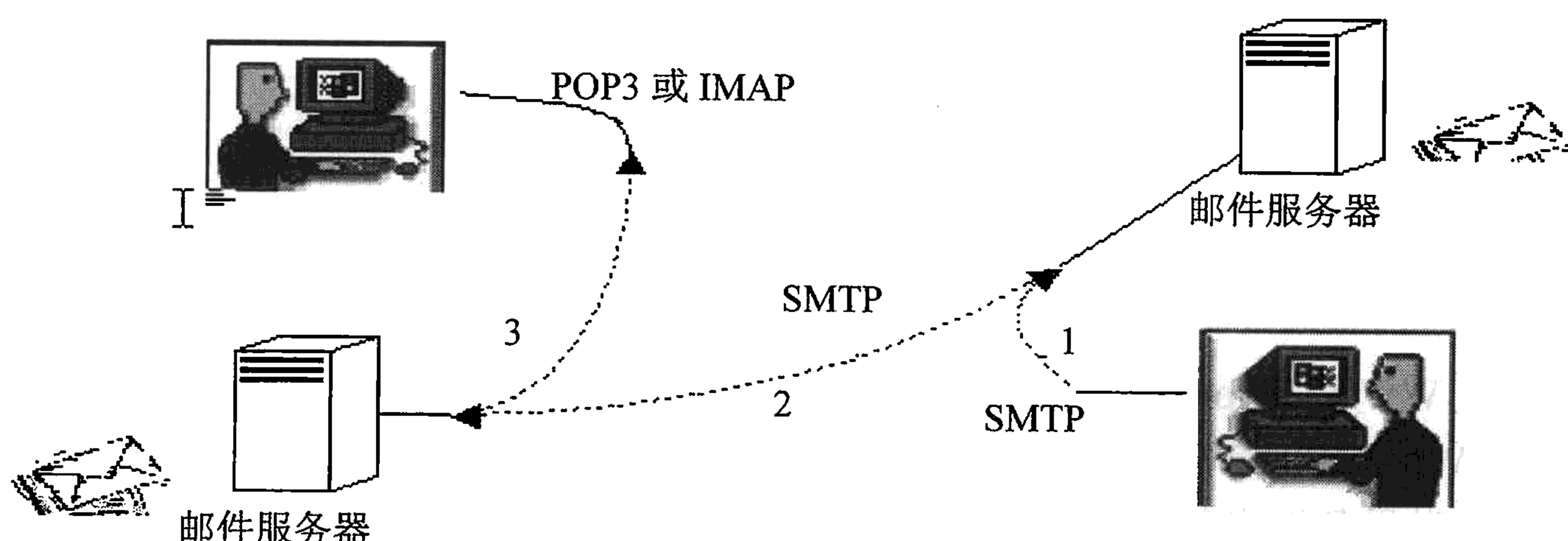


图 4.10 邮件系统工作过程

## 2. 远程登录服务

远程登录是指在远程登录协议 Telnet 的支持下，用户计算机通过 Internet 暂时成为远程计算机（主机）的终端。用户在使用 Telnet 服务功能时，首先要在本地上计算机上向远程服务器登录，向其提供自己的账号和口令，从而使自己成为该服务器管理下的用户，以便实时使用该远程计算机对外开放的各种软硬件资源。国内外普遍流行通过 Telnet 对大型公用数据库提供联机检索服务。例如，国内外许多大学图书馆通过 Telnet 对外提供联机检索服务，一些政府部门、研究机构也将它们的数据库对外开放，并提供各种菜单驱动的用户接口，甚至全文检索接口，供用户通过 Telnet 查询。

## 3. 文件传输服务

文件传输服务允许 Internet 上的用户将一台计算机上的文件传送到另一台计算机上。文件传输服务由文件传输协议（FTP，File Transfer Protocol）支持。使用 FTP 几乎可以传送所有类型的文件：文本文件、二进制可执行文件、图像文件、声音文件、数据压缩文件等。说到文件的传输，就要涉及两个概念：上传和下载。从 FTP 服务器上传一份目标文件复制到自己的计算机上，称为文件的下载（Download），而把一份文件由自己的计算机传输到 FTP 服务器上存储称为文件的上传（Upload）。

## 4. WWW 服务

WWW（World Wide Web，万维网）是由欧洲粒子物理实验室开发的。创建 WWW 的目



的是为了解决 Internet 上的信息传递问题。

在 WWW 出现之前，几乎所有的信息发布都是通过 e-mail、FIP 和 Telnet 等进行的。由于 Internet 上的信息散乱地分布在各处，因此除非知道所需信息的位置，否则无法读取。

而 WWW 通过独特的超链接技术，在位于不同位置的文件间建立了联系，为用户提供一种交叉式查询方式（而不仅仅是传统的线性方式）。

正是由于 WWW 的出现，人们才可以方便地浏览各种信息，并且通过超链接很容易地从一种信息转到另一种信息。在特殊应用程序和浏览器的推动下，WWW 很快成为 Internet 上发布文本和多媒体信息的一种有效手段。

通常，服务器对于浏览 WWW 站点的用户是透明的，这是 WWW 之所以成功的另一个原因。WWW 客户机为用户提供了基于 HTTP 的用户界面。

WWW 服务器的数据文件是用 HTML 编写的，其中链接目标用统一资源定位器表示。超链接可以指向文件、FTP、HTTP、Telnet、News 等信息资源。

## 4.4 WWW 和浏览器

### 4.4.1 WWW 的由来和特点

1989 年，WWW（World Wide Web，万维网）诞生于设在瑞士日内瓦的欧洲粒子物理研究中心 CERN。World Wide Web 也称为 Web，是一种基于 Internet 的跨越全球的超媒体网络系统，它把分散在全世界各地服务器上的文本、图像、音频和视频等信息资源有机地结合在一起，组成 Web 网页，通过超链接在 Internet 上构成一个巨大的逻辑网络。

WWW 服务采用客户机/服务器工作模式。它以超文本 HTML（Hyper Text Markup Language）与超文本传输协议 HTTP（Hyper Text Transfer Protocol）为基础，为用户提供界面一致的信息浏览系统。在 WWW 服务系统中，信息资源以页面（也称网页或 Web 页）的形式存储在服务器（通常称为 Web 站点）中，这些页面采用超文本方式对信息进行组织，通过链接将一页信息接到另一页信息，这些相互链接的页面信息既可放置在同一主机上，也可放置在不同的主机上。页面到页面的链接信息由统一资源定位符（URL，Uniform Resource Locators）维持，用户通过浏览器，向 WWW 服务器发出请求，服务器根据客户端的请求内容将保存在服务器中的某个页面返回给客户端，浏览器接收到页面后对其进行解释，最终将图、文、声并茂的画面呈现给用户。

与其他服务相比，WWW 服务具有其鲜明的特点。它具有高度的集成性，能将各种类型的信息（如文本、图像、声音、动画、视频等）与服务（如 News、FTP、Gopher 等）紧密连接在一起，提供生动的图形用户界面。WWW 不仅为人们提供了查找和共享信息的简便方法，还为人们提供了动态多媒体交互的最佳手段。

### 4.4.2 统一资源定位符 URL

URL（Uniform Resource Locators，统一资源定位符）是一种统一格式的 Internet 信息资源地址的标识方法，URL 的位置对应应在 IE 浏览器窗口中的地址栏，URL 将 Internet 上提供的服务统一编址。URL 的格式为：

协议服务类型：//主机域名[: 端口号]/文件路径/文件名

URL 由 4 部分组成：第一部分指出协议服务类型，第二部分指出信息所在的服务器主机域名，第三部分指出包含文件数据所在的精确路径，第四部分指出文件 URL 中的服务类型。表 4.4 所示 URL 中的域名可以唯一地确定 Internet 上每一台计算机的地址。域名中的主机部分一般与服务类型相一致，如提供 Web 服务的 Web 服务器，其主机名往往是 www，提供 FTP 服务的 FTP 服务器，其主机名往往是 ftp。

表 4.4 URL 服务类型

协议名	服务	传输协议	端口号
http	World Wide Web 服务	HTTP	80
telnet	远程登录服务	Telnet	23
ftp	文件传输服务	FTP	21
mailto	E-mail 电子邮件服务	SMTP	25
news	网络新闻服务	NNTP	119

用户程序使用不同的 Internet 服务与主机建立连接时，一般要使用某个缺省的 TCP 端口号，也称为逻辑端口号。端口号是一个标记符，标记符与在网络中通信的软件相对应。一台服务器一般只通过一个物理端口与 Internet 相连，但是服务器可以有多个逻辑端口用于进行客户程序的连接，例如，Web 服务器使用端口 80，Telnet 服务器使用端口 23。这样，当远程计算机连接到某个特定端口时，服务器用相应的程序来处理该连接。端口号可以使用缺省标准值，不用输入。有的时候，某些服务可能使用非标准的端口号，则必须在 URL 中指明端口号。

例如，对 Web 服务器的访问，输入的 URL 为：<http://www.w3.org/hypertext/project.html>，其中协议的名字为 http，Web 服务器主机域名为 www.w3.org，包含该 Web 的页面文件路径和文件名为 hypertext/project.html。从用户输入 URL 到 Web 页面被显示出来所发生的步骤如下：

- (1) 浏览器确定 URL，查看选择了什么。
- (2) 浏览器向 DNS 询问 www.w3.org 的 IP 地址。
- (3) DNS 以 18.23.0.23 应答。
- (4) 浏览器与 18.23.0.23 的 80 端口建立一条 TCP 连接。
- (5) 浏览器发送 GET/hypertext/project.html 命令。
- (6) www.w3.org 服务器发送 project.html 文件。
- (7) 释放 TCP 连接。
- (8) 浏览器显示 project.html 中的所有正文。
- (9) 浏览器取来并显示 project.html 中的所有图像。

在一台主机上可以安装多种服务器软件，通过不同的端口号提供不同的服务，例如一台主机可以用作 Web 服务器，也可以用作邮件服务器。

4.4.3 超文本传输协议和超文本标记语言

1. 超文本传输协议

超文本传输协议（Hyper Text Transfer Protocol, HTTP）是 WWW 客户机与 WWW 服务器之间多媒体数据的应用层传输协议，用来在 WWW 上进行多媒体的传输。WWW 是以超文本

（Hyper Text）为基础的。超文本指的是一种开放性的阅读信息的方式，可以根据阅读者的喜好选择性地阅读信息。通常，一个超文本文档包含大量的链接，在浏览器中表现为蓝色加下划线的方式。这些醒目的链接叫做锚点和超链点，其中隐藏了另一个 WWW 地址，阅读者可以随意在这些锚点上跳来跳去，进行自由的阅读。

HTTP 规定了 WWW 的客户服务器模式，此工作模式大致分成 4 个步骤：

（1）当单击了某一个锚点时，HTTP 的工作就开始了。WWW 客户通过 HTTP 与 WWW 的服务器建立连接。

（2）建立连接后，客户机发出需要服务或需要信息的请求，还包括一些地址信息和补充信息，传递给服务器。

（3）服务器收到请求后返回应答信息，其中包括影响客户的要求、提供信息和服务及一些记录状态的信息。在应答信息的起始位置说明了所传输文件的媒体类型，可以是文本、动画、声音、程序及其他一些格式的文件。

（4）WWW 上的客户端接收服务器返回的应答信息并通过浏览器显示在显示屏上，然后连接自动结束。

如果在上述过程中某一步产生错误，则产生错误信息返回到客户端由显示屏输出。但对于用户来说，这些过程都是由 HTTP 自己完成的，用户要做的只是单击一下鼠标，然后等待信息输出到用户的显示屏上。

## 2. 超文本标记语言

超文本标记语言（Hyper Text Markup Language, HTML）是一种用来创作 WWW 页面的描述语言，而不是一种难以掌握的捉摸不定的语言。HTML 使用 HTML 标签来定义文档的格式、组成和链接关系，如字形、字体、表单、标题和统一资源地址等。

WWW 采用超文本标记语言来组织文件。用 HTML 组织的文件本身属于普通的文档文件，可以用一般常见的文字编辑器来编辑，或用其他专门的 HTML 文件编辑器来编辑。下面是一段从服务器传递到客户机端的 HTML 文本：

```
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type"content="text/html;charset=gb2312">
<title>HTML 测试页</title>
</head>
<body>
<p align="center">
<b><font face="方正舒体"color"#0000FF">HTML</font></b><br>
<font size="7"face="GoudyHandtooled BT">HTML<br></font>
<i><u><font face="Arial"size="6"color="#FF0000">HTML</font></u></i><br>
<hr>
<p align="center"></p>
</body>
</html>
```

上面这段文本传递到客户端后，按照文本中标注的格式在客户端进行浏览显示。例如“<font size="7"face="GoudyHandtooled BT">HTML”表示使用 GoudyHandtooled BT 显示 7 号字的文本“HTML”；而“<imgborder="0"src="Clock.jpg" width"324" height="324">”表示在客



户端浏览其中一幅图像。图 4.11 显示了上述 HTML 文本经浏览器解释之后，展现在用户面前的效果。

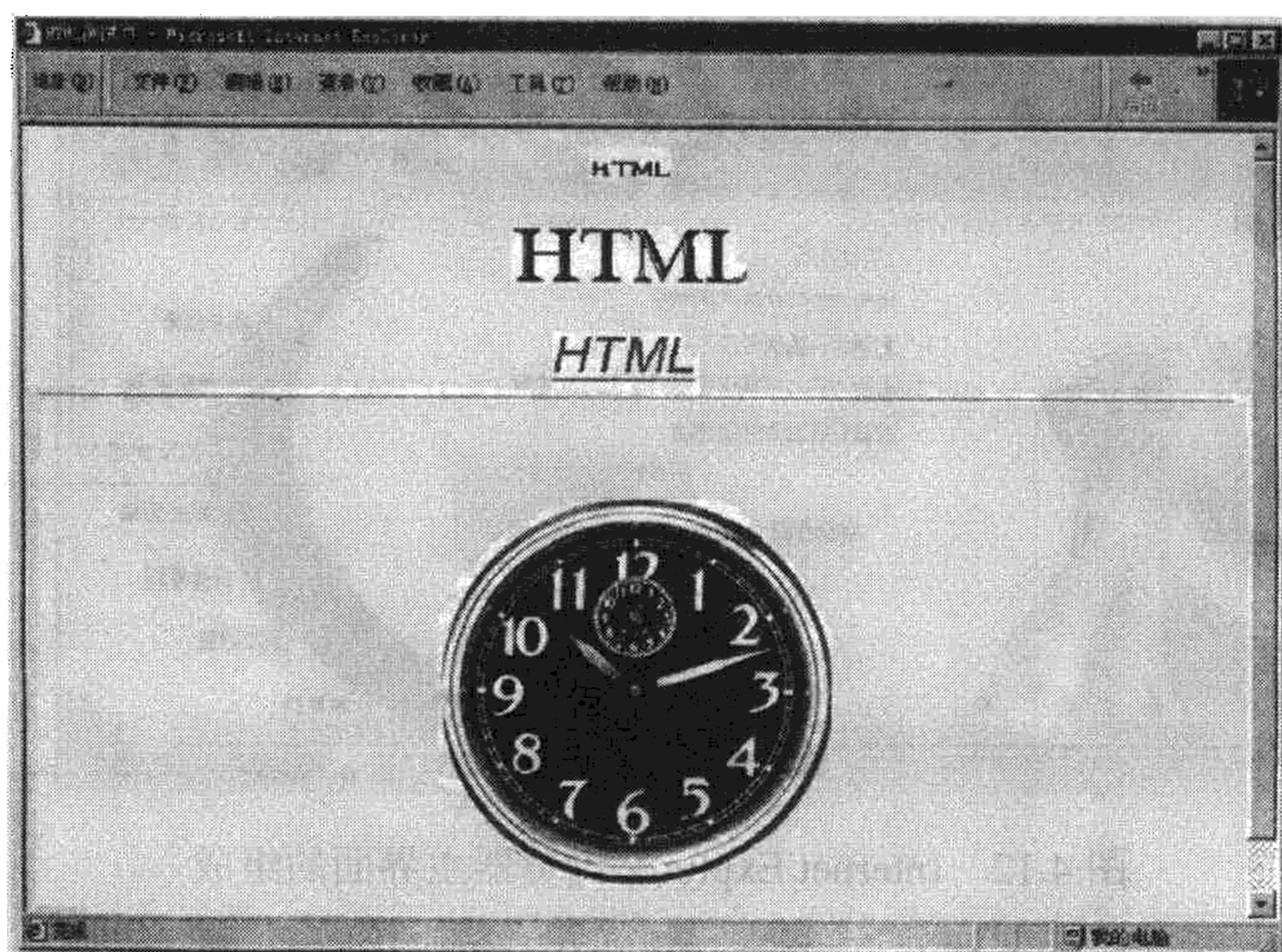


图 4.11 浏览器显示 HTML 页面效果

#### 4.4.4 主页的基本概念

主页（Home Page）是指一个 Web 站点的首页。通常，主页是指包含个人或机构基本信息的页面，用于对个人或机构进行综合性介绍，是访问个人或机构详细信息的入口点。用户通过主页上所提供的链接便可以进入到其他页面，访问关于个人或机构的详细信息。因而用户只要了解到个人或机构的主页的 URL，便可以访问与主页直接链接或间接链接的页面。

对于机构来说，主页通常是 WWW 服务器的默认页，即用户在输入 URL 时只需给出 WWW 服务器的主机名，而不必制定具体的路径和文件名，WWW 服务器会自动将其默认页返回给用户。例如，访问南开大学的主页时只需输入 <http://www.nankai.edu.cn>，则服务器 [www.nankai.edu.cn](http://www.nankai.edu.cn) 会查找到它的默认页返回给用户。但有一些主页并不是 WWW 服务器默认页，特别是个人主页，通常需要指定页面的路径和文件名。

目前，几乎所有连接到因特网上的公司和大学都有自己的主页，或正在积极开发自己的主页。主页已成为企业、学校、机关形象的标志和对外的窗口。

#### 4.4.5 WWW 浏览器

万维网（WWW）最主要的用途是信息共享，人们使用万维网最主要的目的是查找信息。前面已经讲到，万维网上的信息主要是以 HTML 页面的形式存在的，而查看 HTML 页面上的内容，就要用到浏览器。本节简单介绍了 Microsoft Internet Explorer 浏览器的使用方法。

Internet Explorer 是微软公司的产品，简称为 IE。在微软公司的操作系统产品 Windows 系列中都捆绑了这个浏览器。

在 Windows XP 桌面上双击 Internet Explorer 图标，启动浏览器。如图 4.12 所示为浏览器的主界面。





图 4.12 Internet Explorer 浏览器主界面的组成

1. 标准菜单栏

包含“文件”、“编辑”、“查看”、“收藏”、“工具”、“帮助”等 6 个菜单。菜单命令用于辅助浏览器工作。

2. URL 地址栏

用于填写网页的 URL 地址。URL 地址的概念已经在前面介绍过了。单击地址栏右侧的黑三角按钮,在打开的下拉列表中将显示最近使用过的部分 URL,直接在列表框中选取一个 URL 可以免去手工填写地址的过程。

3. 浏览栏

用来显示从因特网上特定 URL 获得的网页内容。状态栏上显示的是当前浏览器的工作状态和当前网页的状态,例如“正在查找站点www.tsinghua.edu.cn”、“Web 地址已经找到。请等待回应……”等。这些信息在连接万维网上的网页时对用户都是非常重要的信息提示。

4. 标准按钮栏

包含“后退”、“前进”、“停止”、“刷新”、“主页”、“搜索”、“收藏夹”、“历史”、“打印”、“编辑”10 个按钮。这些按钮大部分用于在不同的网页地址之间切换选择,完成网页浏览时的快捷操作,如图 4.13 所示。



图 4.13 标准按钮栏

(1) “后退”按钮用于返回浏览过的上一个页面,按下“后退”按钮右侧的三角形标记,将打开一个列表框,其中列举了一些 URL。例如用户希望后退 3 步,就不必 3 次按下“后退”按钮,直接从“后退”按钮的 URL 地址列表中选取即可。

(2) “前进”按钮只有当用过“后退”按钮时才能起作用,它是“后退”操作的逆操作。

(3) “停止”按钮用于停止正在进行的页面下载过程。用户可以在网页传送没有完成的时候使用这个按钮强制停止网页的传送过程。



(4) “刷新”按钮用于请求重新传输当前的网页。当万维网页面因为某种原因没有显示完全就停止传输时,或是在同一页面停留时间过长时,可以使用这个按钮重新下载当前的网页内容。

(5) “历史”按钮用于打开类似于“收藏夹”的窗口空间,其中列举了最近使用的所有 URL 地址。如果用户希望重新查看一些曾经浏览过但没有深刻印象的网页,通常会用到浏览器的这个功能,相当于浏览器记录了用户在万维网上浏览的所有页面的 URL 地址。在图 4.14 所示的“Internet 选项”对话框的“历史记录”选项组内,用户可以自行设定保留多长时间的浏览历史记录,也可以使用“清除历史记录”按钮清除所有历史记录。

(6) “主页”按钮用于连接到用户指定的页面,这一页被称为“主页”。单击浏览器“标准菜单”中的“工具”→“Internet 选项”命令,将打开如图 4.14 所示的“Internet 选项”对话框。在这个对话框中,用户填写自己经常使用的网页 URL 地址作为浏览器的主页。以后每次打开浏览器时,都将自动连接到设定的主页上,显示这一页的内容。

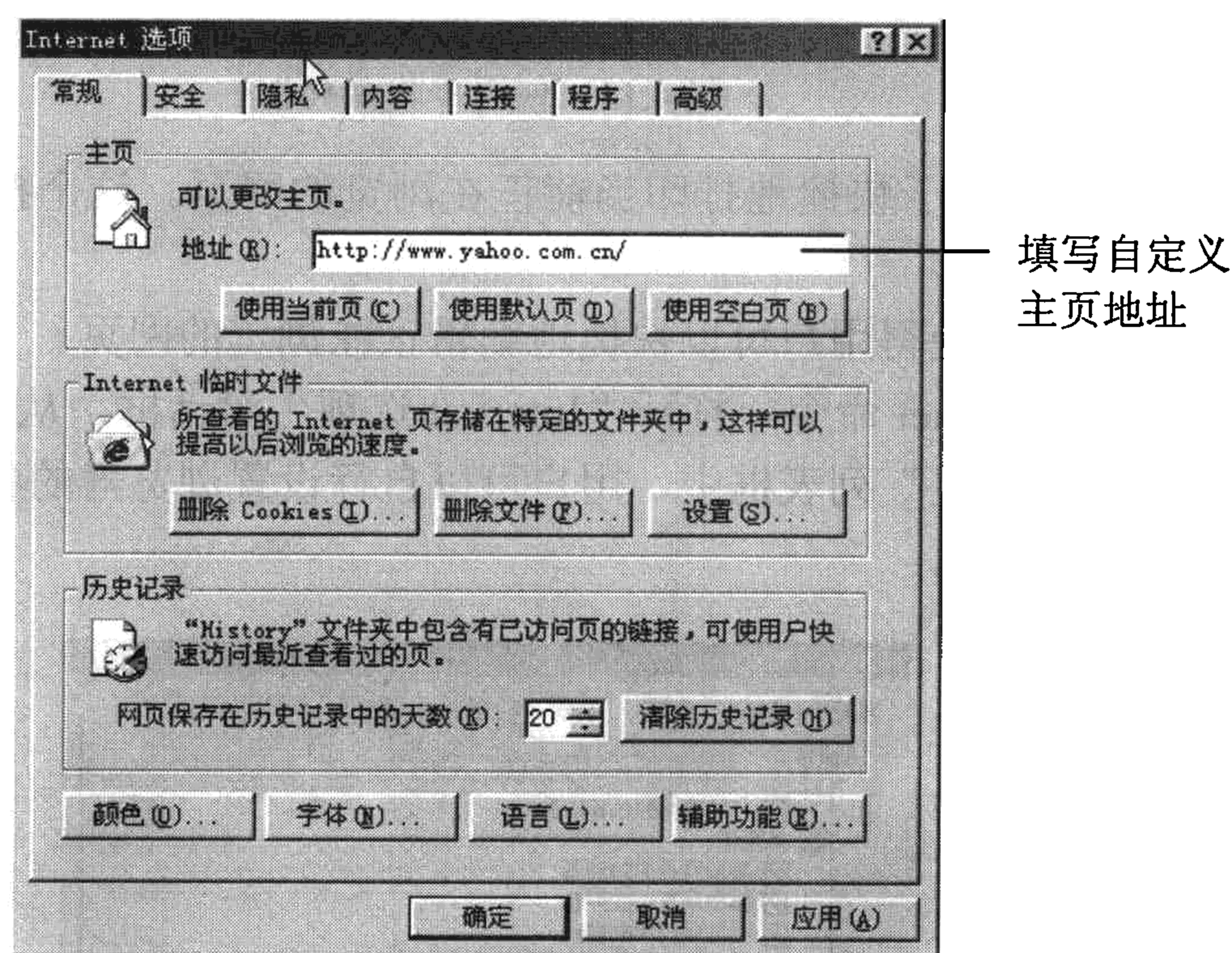


图 4.14 用户定义主页地址

(7) “搜索”按钮是一个 URL 地址链接,按下这个按钮,将在浏览器窗口的浏览栏中打开专用的“搜索”窗口,使用搜索引擎在万维网上搜索需要的信息。

在搜索页面的文本框中填入要搜索的关键词,单击“检索”按钮后,相关的网站和网页出现在搜索页面中。在搜索页面的搜索结果中选择点击一个页面链接,在浏览栏的页面内容窗口内将看到这个网页的内容。

(8) “收藏夹”按钮用于打开一个“收藏夹”,其中包含用户自己添加的经常使用的网页 URL 地址。添加一个页面地址到收藏夹的操作非常简单,只需在已经显示的网页页面上单击鼠标右键,从弹出的菜单中选择“添加到收藏夹”命令即可。操作完成后,这一页面的 URL 地址被保存在“收藏夹”里,用户可以通过在收藏夹中单击需要的页面名称完成页面 URL 地址的输入,如图 4.15 所示标准菜单栏上的“收藏”菜单的作用与“收藏”按钮作用相同。使用“收藏”菜单不会占用用于显示网页内容的窗口空间,使用起来比“收藏”按钮更方便。



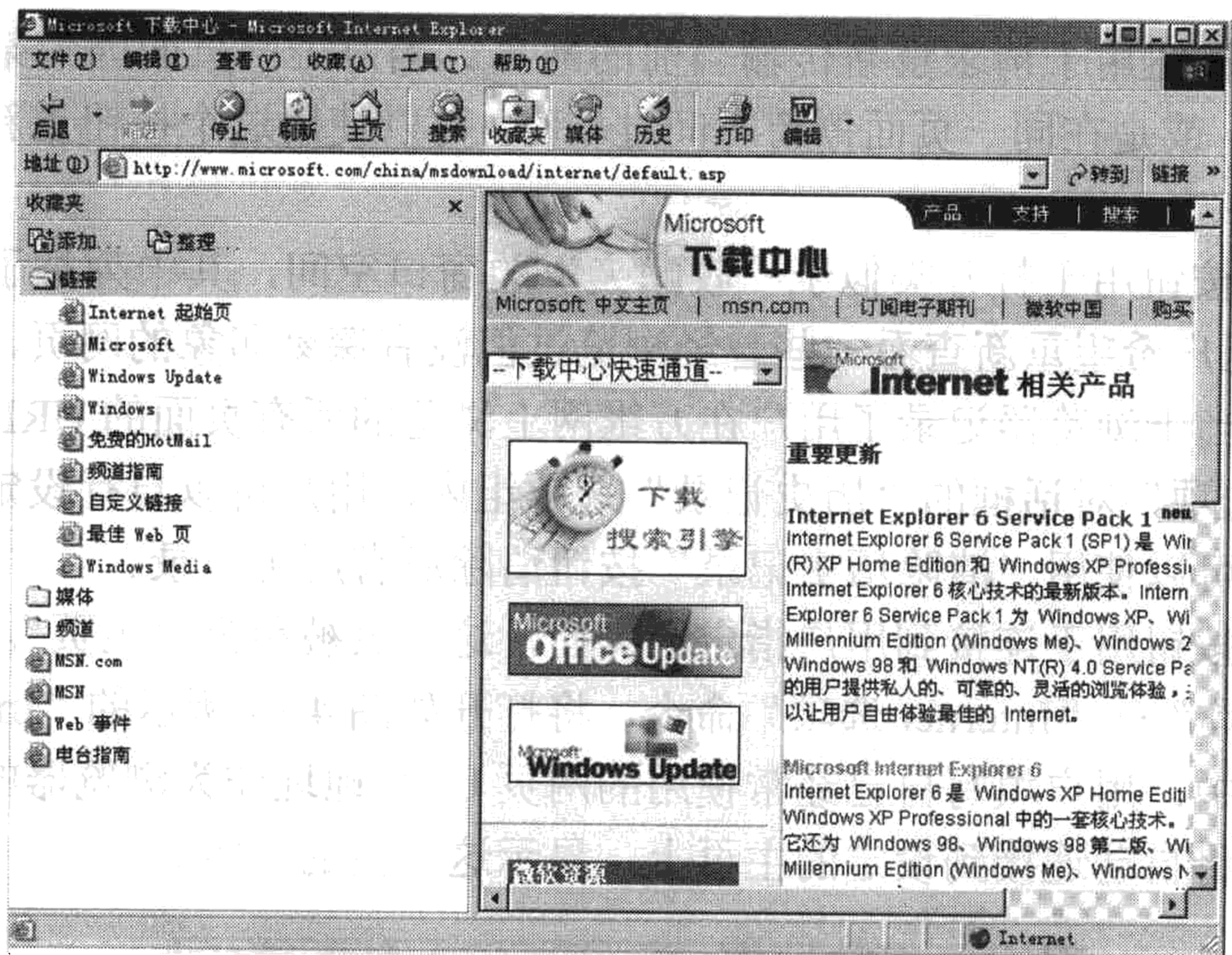


图 4.15 使用“收藏夹”

(9) “打印”按钮用于快捷地打印当前正在浏览的网页。这个按钮的作用与“文件”菜单中的“打印”命令一样。

(10) “编辑”按钮使得用户可以快捷地编辑正在浏览的网页。

单击“工具”→Internet 命令，打开“Internet 选项”对话框，从中选择“高级”选项卡。在如图 4.16 所示的“设置”列表框中，用户可以自行设置浏览器的参数。这些参数在用户浏览万维网页面时非常重要。

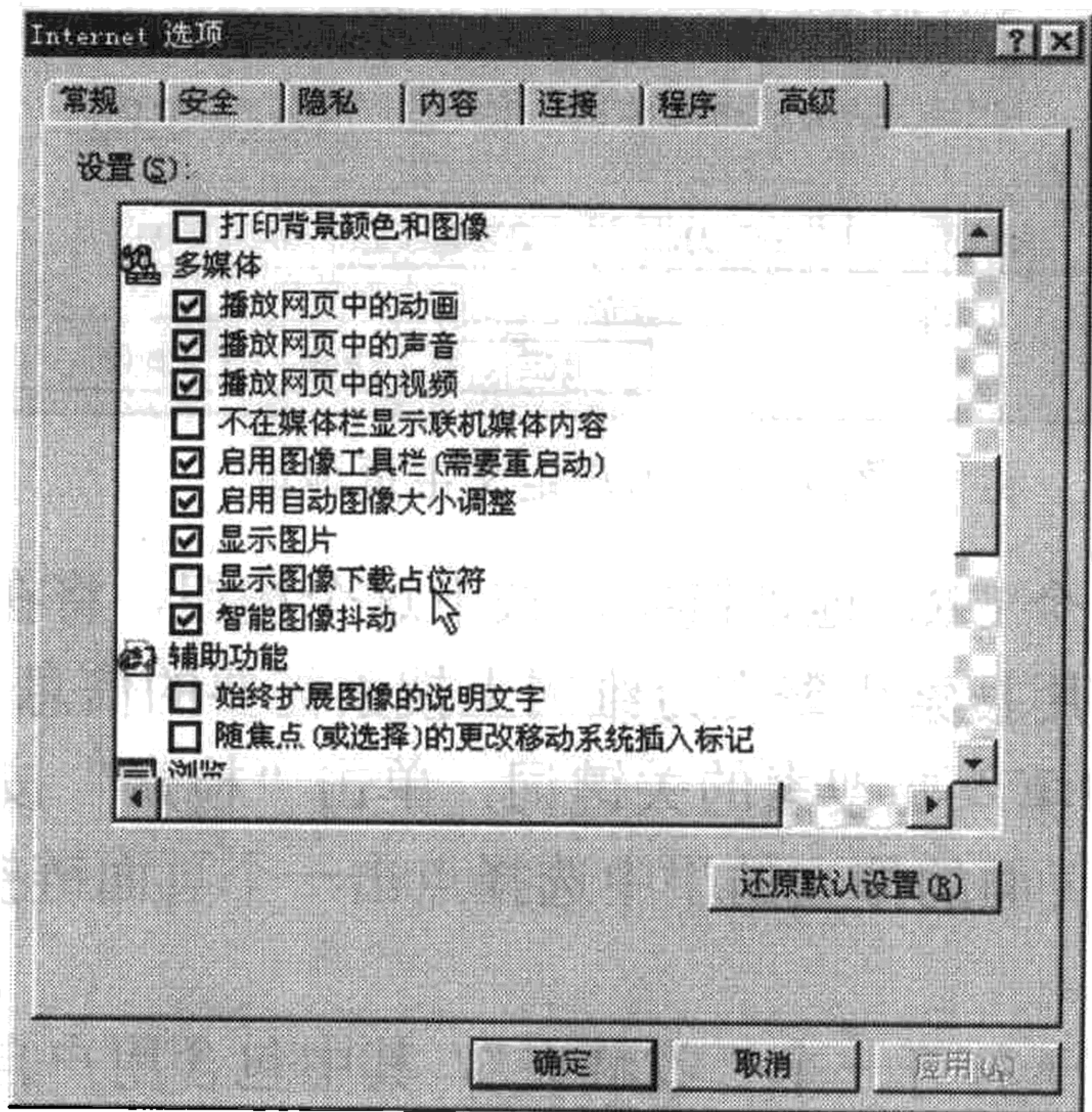


图 4.16 浏览器“高级”选项

例如：在“多媒体”这一组选项中，用户可以选择在浏览万维网网页时是否要下载声音、图像、视频等多媒体元素。网页中的这些组件使网页形式和内容更加丰富多彩，同时也使网页变得非常庞大，增加了下载时间。如果用户仅仅希望快速浏览网页内容，则可以不选择下载网页中的这些元素，以加速浏览速度。



4.4.6 搜索引擎

万维网本身是一个信息的集合，万维网上的信息浩如烟海。使用万维网的用户要从网上获得自己需要的资料，就必须在这些信息中进行筛选和鉴别。于是，在万维网上出现了“网页搜索引擎”。这些工具自动收集万维网上的网页信息，当用户需要查询信息时，替用户找到最需要的网页地址。前面介绍的 Internet Explorer 就带有“搜索”功能，其实这种功能并非来自于浏览器自身，而只是一个指向特定网页搜索引擎的链接，最终帮助用户完成网页信息搜索任务的正是万维网上的网页搜索引擎。

www.yahoo.com.cn 是最著名的搜索引擎之一，它是一个专门用于网上信息搜索的网站，图 4.17 所示的是这个网站的中文版页面。在这个主页上，搜索文本框和网站分类是完成网页搜索的重要工具。需要搜索网页信息的用户在网页搜索文本框中填写与搜索相关的字或词，例如“Multimedia”，然后单击“搜索”按钮之后，搜索引擎便开始工作，并将搜索到与关键字“Multimedia”相关的网页地址显示在浏览器中。

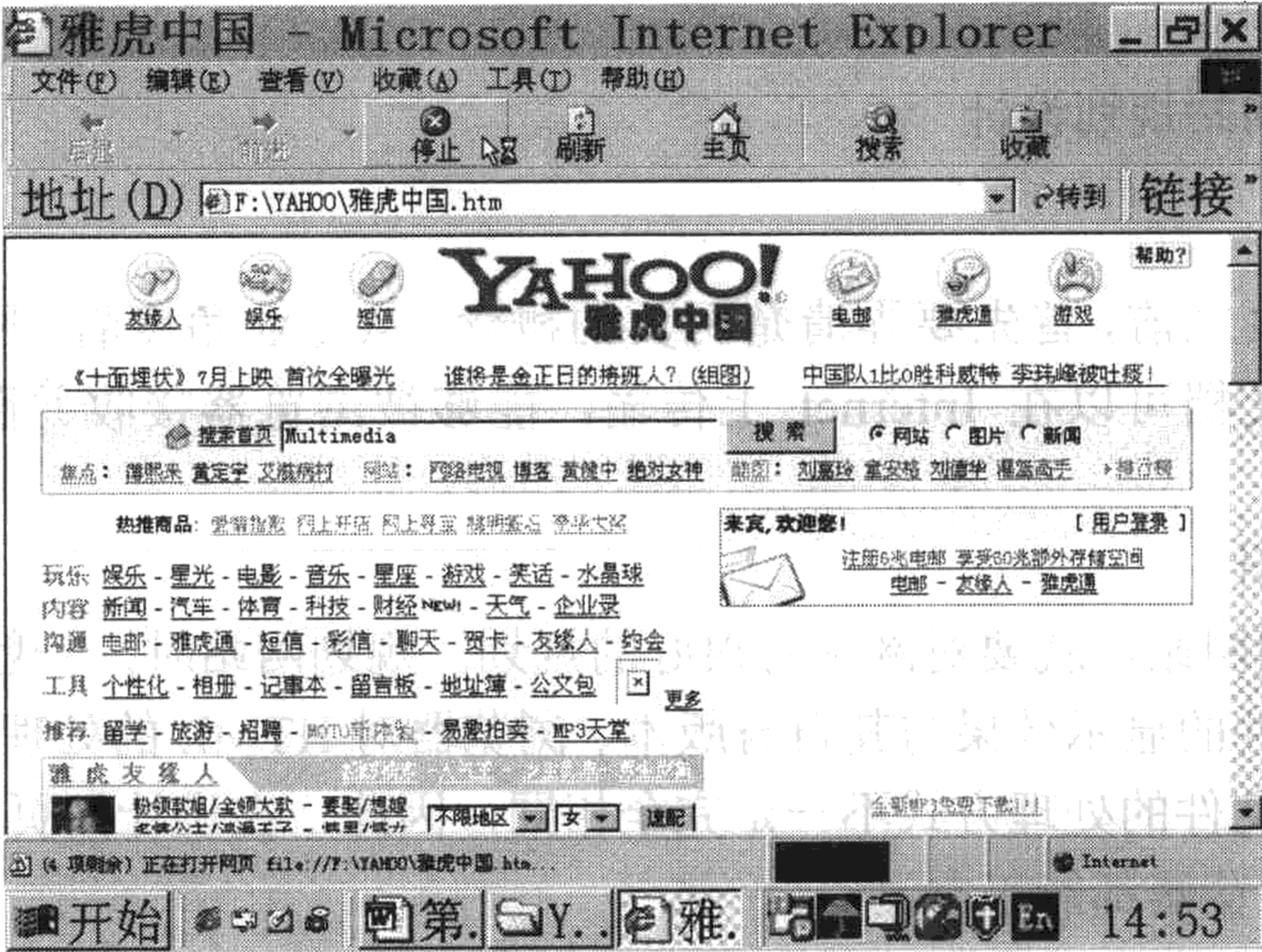


图 4.17 雅虎中文主页

在搜索引擎主页上，一般都有网站分类的内容。如果先根据所要搜索的内容选择一个网站分类，例如要搜索与“多媒体”有关的信息，则可以先选择“电脑与因特网”分类项目，然后再从中选择“多媒体”分类，这样有助于准确查找所需的网页内容。除了 Yahoo! 以外，还有一些非常著名的万维网搜索引擎，如表 4.5 所示。

表 4.5 常用万维网搜索引擎

中文搜索引擎	网页 URL	英文搜索引擎	网页 URL
搜狐	www.sohu.com	Netscape	home.netscape.com/escapes/search/
天网	Pccms.pku.edu.cn:8000	Excite	www.excite.com
网络指南针	Compass.net.edu.cn:8010	Look smart	www.looksmart.com
网易	www.163.com/yeah/	Snap	nscp.scap.com

这张表仅仅列举了一部分搜索引擎网站。很多网站上都带有自己的搜索引擎，用于搜索

本网站中的网页或是万维网上的其他网站。

## 4.5 个人网站的创建和网页的制作

随着 Internet 技术的发展，互联网正在融入和改变人类的生活。当人们在互联网上浏览那些内容各异、精彩绝伦的网页时，很多人都会有创建自己的个人网站、把个人网页放在互联网上供别人浏览的想法。但是如何实现这个想法呢？本节介绍的内容将回答这个问题。

建立网站的主要步骤如下：

- (1) 首先在 Internet 上申请一个免费的主页空间和域名。
- (2) 在自己的计算机上设计、制作网页。
- (3) 网页制作完成后，即可通过 FTP 客户端软件，将与网站相关的网页文件、图片文件、动画文件等上传到 Internet 上。
- (4) 将网站登记到搜索引擎上，为自己所做的网站进行宣传，让广大的用户知道并访问这个新网站。

### 4.5.1 网页及网站规划设计

#### 1. 网页

在动手制作网页之前，首先要弄清楚网页的概念。从专业角度看，网页是一种用 HTML 撰写的文档，这种文档可以在 Internet 上传输，能够被浏览器接收并翻译为能被普通人理解的网页。

#### 2. 网站规划设计

要想设计出好的网站，就要对网站有很好的规划。规划网站时，一般应注意以下几点：

(1) HTML 文件的显示效果与其自身版本、浏览器对 HTML 的处理方法有关。不同的浏览器对同一 HTML 文件的处理方式不一定完全相同，因此，在设计网页时应充分考虑到这一点，力求让所有的浏览器都能正常浏览。

(2) 在确定网站的总体结构时，应遵循“层次分明”的基本原则。尽量避免形成复杂的网状结构。网状结构确定不好，不仅不利于用户查找内容，还会给网站今后的维护、扩充工作带来麻烦。

(3) 与普通文本相比，图像、音频和视频能提供更加直接和丰富的信息，可有效地提高网站的吸引力，但是，图像、音频和视频文件的数据量很大，无限制地使用这些内容会严重影响浏览速度。所以，对一般网站而言，在选取材料时，应以文本信息为主，以多媒体材料为辅，最好是使多媒体材料只起画龙点睛的作用。

(4) 对任何网站而言，主页都是非常重要的。访问者对网站的第一印象在很大程度上取决于其对主页的感觉，因此，要花大力气对主页进行精雕细刻。

(5) 网站的内容要经常更新。因为网站发布到网上，用户第一次浏览会觉得有新鲜感，但如果过了一段时间网站毫无变化，就会失去“回头客”。

(6) 网页中的文本内容要简明扼要，要注意行文规范，尽量避免出现错别字。

(7) 网页的内容要符合国家计算机信息网络安全保护管理办法的规定。



### 4.5.2 网页的主要内容和网页的优化

#### 1. 网页的主要内容

下面将对网页中可能包含的内容进行简单介绍, 这些内容的具体实现和浏览效果将在后续内容中进行详细介绍。网页中的主要内容有:

(1) 背景。背景是网页最基本的内容之一, 设计者可以用自己喜欢的颜色或图片对网页进行装饰, 以强调网页的整体风格。此外, 为了使整个页面布局清晰, 还可以加入水平分割线。

(2) 文本。文本是一般网页中最主要的内容。目前, 由于网络传输速度相对较低, 浏览者常常关闭浏览器的图像显示功能, 这就要求设计者着重设计文本的编排格式。与一般字处理软件类似, 网页编辑软件也可以设置网页中文本的各种属性, 如字体、大小、颜色、字型等, 此外, 还可以设置段落格式, 如行距、缩进、对齐方式等。当然, 也可以将文本设置为超链接。

(3) 表格。表格是将大量数据以简洁明快的方式展示给浏览者的有效方式。适当使用表格, 可以大幅度提高页面空间的利用率。此外, 表格还是进行页面布局的有力工具。有时, 在页面编辑软件中设计得十全十美的网页, 在用户的浏览器中会发生严重畸变。这主要是由于浏览器对 HTML 文件的处理方法不同引起的。采用表线不可见的表格规划页面布局, 可使所有用户在浏览时获得相同的效果。

(4) 框架。框架是进行页面布局的另一工具。借助框架, 可将页面划分为若干区域, 其中每个区域都对应一个独立的 HTML 文件, 可在不同的区域显示不同的页面。

(5) 图像。图像是网页吸引访问者的重要手段。大小适中、制作精美的图像能够在很大程度上增加访问者的访问兴趣。但是, 如果图像尺寸过大、颜色数目过多, 则对于带宽资源有限的访问者而言, 无疑是一种折磨。

(6) 表单。表单用于从访问者那里获取信息, 如访问者姓名、浏览、查询要求等。当访问者将信息填入表单并将表单提交给服务器后, 服务器就可以从中提取信息并交由相关程序进行处理。

#### 2. 网页的优化

在完成网站建设的基本内容后, 还应对网站进行优化。未经优化的网站, 很可能颜色失真、图像数量过大, 或者对浏览器的兼容性太差, 难以吸引用户。

优化内容大致包括: 减少数据量、改善视觉效果、提高网站对浏览器的兼容性等。

下面是几个常用的优化原则:

(1) 正确选择图像格式。用于页面的基本图像格式有 GIF 和 JPEG 两种。

(2) 提供多个版本。网络用户遍布五湖四海, 他们使用不同的语言、计算机、浏览器等。因此如果网站需要对多种类型的用户开放, 最好能提供多种版本。

(3) 优化配色方案。初做网页的人可能会选择五颜六色的图片作为背景, 其实这样做效果并不好。一般而言, 多数是以白色、蓝色或黄色为基色, 再点缀一些其他颜色, 使整个页面显得典雅、温馨又活泼。

(4) 突出网站的特点。网站内容要有特点。这里所说的特点是指网站的内容要有新意, 否则所制作的站点将会淹没在茫茫的 Internet 海洋里。

### 4.5.3 网页设计制作工具

如今, 上网冲浪已经成为一种时尚, 你也可以制作自己的个人网页。现在网页制作工具

不少。但在众多的网页制作工具中，应该选择哪一种呢？这里简单介绍几种有特色的网页制作工具。

### 1. 入门级软件

对于网页制作的初学者，可以用以下几个软件。

(1) Microsoft FrontPage 2003。对 Word 很熟悉的用户，用 FrontPage 2003 进行网页设计一定会非常顺手。

使用 FrontPage 2003 时页面制作由 FrontPage 2003 中的编辑器完成，其工作窗口由 3 个选项卡组成，分别是“所见即所得”的编辑页，HTML 代码编辑页和预览页。FrontPage 2003 带有图像和 GIF 动画编辑器，支持中文 CGI 和中文 CSS。向导和模板都能使初学者在编辑网页时感到更加方便。

(2) Netscape 编辑器。Netscape Communicator 带有网页编辑器，可用来制作简单的网页。

当用 Netscape 浏览器显示网页时，单击编辑按钮，Netscape 就会把网页存储在硬盘中，然后就可以编辑了。也可以向使用 Word 那样编辑文字、字体、颜色，改变主页作者、标题、背景颜色或图像，定义锚点，插入链接，定义文档编码，插入图像，创建表格等。但 Netscape 编辑器对复杂的网页设计就显得功能有限了，它连表单创建、多框架创建都不支持。

Netscape 编辑器是网页制作初学者很好的入门工具之一。如果网页主要是由文本和图片组成的，Netscape 编辑器将是一个很好的选择。如果对 HTML 语言有所了解的话，能够使用 Notepad 或 Ultra Edit 等文本编辑器来编写少量的 HTML 语句，那么也可以弥补 Netscape 编辑器的一些不足。

(3) Adobe Page mill。Page mill 功能不算强大，但使用起来很方便，适合初学者制作较为美观而不是非常复杂的主页。如果主页需要很多框架、表单和图像映射（Image Map 图像），那么 Adobe Page mill 3.0 的确是首选。

Page mill 创建多框架页十分方便，可以同时编辑各个框架中的内容。Page mill 在服务器端或客户端都可创建与处理 Image Map 图像，它也支持表单创建。Page mill 允许在 HTML 代码上编写和修改，支持大部分常见的 HTML 扩展，还提供拼写检错、搜索替换等文档处理工具。Page mill 的另一大特色是有一个剪贴板，可以将任意多的文本、图像、表格拖放到里面，需要时再打开，很方便。

(4) Claris Home Page 3.0。如果使用 Claris Home Page 软件，可以在几分钟之内快速创建一个动态网页。这是因为它有一个很好的创建和编辑框架（Frame）的工具，不必花费太多的力气就可以增加新的框架。而且 Claris Home Page 3.0 集成了 File Maker 数据库，增加的站点管理特性还允许检测页面的合法链接。不过其界面设计过于粗糙，对 Image Map 图像的处理也不完全。

### 2. 提高级软件

如果对网页设计有了一定的基础，对 HTML 语言又有一定的了解，那么可以选择下面几种软件来设计更精彩的网页。

(1) Dreamweaver。Dreamweaver 是一个非常专业的网页设计软件，它包括可视化编辑、HTML 代码编辑的软件包，并支持 ActiveX、JavaScript、Java、Flash、Shockwave 等特性，它还能通过拖曳从头到尾制作动态的 HTML 动画，支持动态 HTML（Dynamic HTML）的设计，使得页面即使没有 plug-in，也能够 Netscape 和 IE 浏览器中正确地显示动画。同时它还提供

了自动更新页面信息的功能。

Dreamweaver 还采用了 Roundtrip HTML 技术。这项技术使得网页在 Dreamweaver 和 HTML 代码编辑器之间进行自由转换, HTML 句法及结构不变。这样, 专业设计者可以在不改变原有编辑习惯的同时, 充分享受到可视化编辑带来的益处。Dreamweaver 最具挑战性和生命力的是它的开放式设计, 这项设计使任何人都可以轻易扩展它的功能。

(2) HotDog Professional 7.02。它是一个最好的 HTML 编辑工具软件, 支持最新的 Web 标准和扩展。多层次搜寻及更改内容、浮动工具列、立即预视、音效及 FTP 工具等, 让您在制作 Homepage 时能更加轻松。此版本新增让用户制作 push 频道, 只需透过精灵的引导, 便可以设计出符合多种格式的 push 频道与动画 GIF 工具及支持 Plug-in 等。新的版本集成了菜单制作工具以及一套 Flash 动画创建工具, 专门为初学者设计的主页制作软件, 提供了直观的可视化界面, 完全的所见即所得。该软件提供了制作主页的所有功能, 包括插入图片、建立链接、表单和框架等的向导功能。它还提供了一些模板, 也可以用现成的 HTML 文件制成模板来使用。此软件可以让用户很快地制作出自己的主页。

(3) HomeSite。Allaire 的 HomeSite3.0 是最好的 HTML 代码编辑器, 有丰富的帮助功能, 支持 CGI 和 CSS 等, 并且可以直接编辑 Perl 语言程序。Home Site 工作界面可以根据设计者的习惯, 将其设置成像 Notepad 那样简单的编辑窗口, 也可以在复杂的界面下工作。

Home Site 具有良好的站点管理功能, 链接确认向导可以检查一个或多个文档的链接状况。

(4) HotMetal Pro 6.0。HotMetal 既提供“所见即所得”的图形制作方式, 又提供代码编辑方式, 是令各层次设计者都不至于失望的软件。但是初学者需要熟知 HTML 才能得心应手地使用这个软件。

HotMetal 具有强大的数据嵌入能力, 利用它的数据插入向导, 可以把外部的 Access、Word、Excel 以及其他 ODBC 数据提出来, 放入页面中。而且 HotMetal 能够把它们自动转换为 HTML 格式。此外它还能转换很多老格式的文档 (如 WordStar 等), 并能在转换过程中把这些文档里的图片自动转换为 GIF 格式。

#### 4.5.4 HTML 的扩展

由于 HTML 在交互性、通用性方面仍存在不足, 于是出现了 Java、CGI、ASP 以及 XML 等语言或接口。它们的加入, 使得网页的内涵更加丰富, 使网页的形式和功能更加强大。

##### 1. 通用网关接口 CGI

通用网关接口 CGI (Common Gateway Interface) 是一种较老的技术, 它的形式是: 用户的浏览器向服务器的 Web Server 发出某一条件的网页请求, 服务器把这个条件转给特定的 CGI 程序处理, CGI 处理完后, 把结果转成网页形式, 服务器再把这个网页传送给用户。

##### 2. JavaScript

JavaScript 是一种新的描述语言, 此语言可以被嵌入 HTML 的文件之中。透过 JavaScript 可以做到回应使用者的需求事件, 而不用任何的网路来回传输资料, 所以当一位使用者输入一项资料时, 它不用经过传给服务器端 (Server) 处理再传回来的过程, 而直接可以被客户端的应用程序所处理。

JavaScript 和 Java 很类似, 但并不一样。Java 是一种比 JavaScript 更复杂的程序语言, 而 JavaScript 则是相当容易了解的语言。JavaScript 使创作者可以不那么注重程序技巧, 所以许多



Java 的特性在 JavaScript 中并不支持。

### 3. Java

Java 是由 Sun 公司开发的一种与平台无关的开放式语言。Java 代码由特定的 Java 编译器生成字节码，可以在 Java 虚拟机上运行。和 CGI 生成可执行代码并在服务器运行的程序不同，Java 能在用户浏览器上解释运行。

### 4. VRML

虚拟现实模型语言（Virtual Reality Modeling Language, VRML）可以生成一些特殊的效果。

## 4.5.5 网页的发布

制作完成的网页需要发布出去，这样才能使因特网上的冲浪者有可能访问我们的网页。发布网页需要一台 WWW 服务器，这台 WWW 服务器还必须具备可以访问到它的 URL 地址。

如果有条件，完全可以使用自己或学校的 WWW 服务器。如果没有如此便利的条件，就只能向 ICP（Internet Content Provider，互联网内容提供商）申请一个免费或有偿的空间。其中免费空间的 ICP 通常会告诉用户把网页中用到的各种文件上传到服务器的哪一个目录里，上传方式一般是 FTP。通常还会告诉用户应把主页放在哪一个目录里，改成什么文件名以及使用怎样的 URL 进行访问。要按照 ICP 所说的去做，他们能帮我们把网页展现在世人面前。

网页发布之前别忘了再检查一下，特别是各个链接是否有效，该使用相对路径的地方是否使用了绝对路径。有些 WWW 服务器是建立在 UNIX 平台上的，它会区别文件名，包括文件扩展名的大小写。对于这样的服务器，HTML 文档里引用的文件名一定要和实际的文件名完全相同。

## 4.5.6 网页登记

存放网页的服务器一般会给所有个人网页一个专门的列表，并给出简单的描述说明，甚至有的还提供了对个人网页的搜索功能，以便别人浏览它们。

但是，若想在 Internet 上扩大自己的影响，向搜索引擎登记是一个理想的方法。国内外多数搜索引擎都接受这样的申请，通过登记自己的网页地址、内容描述、关键字索引，可以使其他用户在使用这些搜索引擎进行关键字查找时，选择并显示对该网页的介绍。

## 思考题与习题

1. 什么是计算机网络？它的发展经历了哪几个重要阶段？
2. 计算机网络由几部分构成？计算机网络怎样分类？拓扑结构是什么含义？
3. 计算机网络的传输介质有哪几种？什么是计算机网络协议？
4. OSI 参考模型分为哪几层？各层的功能是什么？
5. 计算机网络有哪些主要功能？
6. 数据的基本传输方式和数据的传送方向有哪些？如何理解同步通信和异步通信？
7. 检错码与纠错码有什么区别？
8. 什么是因特网？“internet”和“Internet”有什么区别？

9. 怎样理解客户机和服务器?
10. TCP 协议和 IP 协议有什么区别? 它们的作用是什么?
11. TCP/IP 协议分为几个层次? 每层有哪些主要的协议?
12. IP 地址分为几类? 由几部分组成? 每部分表示什么含义?
13. 举例说明域名系统层次结构的含义?
14. 说明电子邮件的工作原理。Internet 提供哪些主要的服务?
15. 什么是 WWW? 它的功能是什么?
16. 什么叫 URL? 怎样表示? 它由几部分构成? 每部分的作用是什么?
17. 举例说明用户从输入 URL 地址到 Web 网页被显示的步骤。
18. 什么是主页?
19. 超文本传输协议 HTTP 和超文本标记语言 HTML 的作用是什么?
20. 创建网站的步骤是什么?
21. 如何发布网页?

## 第5章 数据库系统与信息系统

### 本章学习目标

数据库技术是计算机科学的重要分支，也是发展最快、应用最广的技术之一，数据库技术经过了40余年的发展和研究，已具备了较完整的理论体系和实用技术。本章首先介绍了数据库系统的概念、发展、数据模型、体系结构及数据库所研究的内容；然后在以上基本知识的基础上，具体介绍了Access 2003数据库的建立和使用方法。此外，还介绍了信息与信息系统的基本知识以及事务处理系统、管理信息系统、决策支持系统等几种常用信息系统；最后，对新一代数据库系统以及数据库新技术的几个研究热点进行了探讨。通过本章的学习，读者应理解并掌握数据库系统与信息系统的基本概念和基本知识，熟练掌握Access 2003数据库的建立、查询、报表等基本使用方法。

### 5.1 数据库系统概述

数据库技术产生于20世纪60年代中期，是数据管理的最新技术，是计算机科学的重要分支，它的出现极大地促进了计算机应用向各行各业的渗透。数据库技术是计算机科学技术中发展最快、应用最广的技术之一，数据库技术主要研究如何存储、使用和管理数据，目前它已成为计算机信息系统和应用系统开发的核心技术和重要基础。从某种意义上讲，数据库的建设规模、信息量的大小和使用频度已成为衡量一个国家信息化程度的重要标志。

#### 5.1.1 数据库技术的产生与发展

数据库技术是应数据管理任务的需要而产生的。数据管理是指如何对数据进行分类、组织、编码、储存、检索和维护，它是数据处理的核心问题。随着计算机硬件和软件的发展，数据管理经历了人工管理、文件系统管理和数据库系统管理3个发展阶段。

(1) 人工管理阶段。计算机自问世以来，就开始存放数据，在20世纪50年代中期以前，硬件状况是，外存只有纸带、卡片、磁带，没有磁盘等直接存取的存储设备；软件状况是，没有操作系统，没有管理数据的软件。这一时期计算机主要用于科学计算，所涉及的数据在相应的应用程序中进行管理，数据不保存、不共享，数据与程序之间不具有独立性。

(2) 文件系统管理。20世纪50年代后期到60年代中期，计算机的应用范围逐渐扩大，计算机不仅用于科学计算，还大量用于管理；这时硬件上已有了磁盘、磁鼓等直接存取存储设备；软件方面，操作系统中已经有了专门的数据管理软件——文件系统。这一时期数据独立于程序，可以重复使用，实现了文件的长期保存和按名存取，但数据共享性差，数据独立性较低。

(3) 数据库管理。20世纪60年代后期以来，计算机用于管理的规模更为庞大，应用越



来越广泛,数据量急剧增长,以文件系统作为数据管理手段已经不能满足应用的需求,于是为解决多用户、多应用共享数据的需求,使数据为尽可能多的应用服务,就出现了数据库技术,出现了统一管理数据的专门软件系统——数据库管理系统。数据库技术克服了文件系统的缺陷,提供了对数据进行管理的更有效、更方便的功能。其主要特点是:数据结构化和数据共享性好,冗余度低,数据独立性高,提供了数据库的创建、操纵以及对数据库的各种控制功能,用户界面友好,便于使用。

数据库技术从20世纪60年代中期产生至今约40年的历史,其发展速度之快,使用范围之广是其他技术所不及的。1968年美国的IBM公司开发了第一个数据库系统IMS。这是一个层次数据库系统,IMS在数据库系统发展史上有着重要的地位,奠定了数据库技术的基础,由于IMS系统以层次数据模型为基础,对非层次数据处理比较复杂,为克服层次模型数据库系统的缺点,1969年,美国数据库系统语言协商会(CODASL, Conference On Data System Language)下属的数据库任务组(DBTG, Data Base Task Group)提出了著名的关于网状模型的DBTG报告,网状模型对于层次和非层次数据模型都能比较自然地模拟。20世纪70年代开发了许多遵循DBTG报告的网状数据库系统,如IDMS、IDS和IMAGE等。层次模型数据库系统和网状模型数据库系统统称为第一代数据库系统。

1970年,美国IBM公司的E.F.Codd发表了题为“大型共享数据库数据的关系模型”的论文,提出了数据库的关系模型,开创了数据库关系方法和关系数据理论的研究,为关系数据库技术奠定了理论基础,关系数据模型建立在数学中“关系”的基础上,有坚实的关系代数作基础。对用户而言,关系数据库就是二维表,这种直观明了的数据组织形式,又具有坚实的数学理论基础,很快就得以推广应用。20世纪80年代以来,计算机厂商推出的数据库管理系统都支持关系模型,关系数据库系统成为数据库市场的主流产品,得到了非常广泛的使用。典型代表有Sybase公司的Sybase、Oracle公司的Oracle、Informix公司的Informix、IBM公司的DB2、Microsoft公司的SQL Server等,支持关系模型的关系数据库系统称为第二代数据库系统。

在20世纪80年代后期和90年代初期,出现了面向对象数据库系统,如GemStone, VBASE, ORION, Iris等。到目前为止,真正的新一代数据库系统还没有出现。有人把面向对象技术与数据库技术相结合的系统称为新一代数据库系统。有人预言,数据库的未来将是面向对象的时代,但面向对象数据库技术现在还不够成熟,如它还缺少理论基础;数据库语言还缺乏形式化基础,没有统一标准等。

### 5.1.2 数据库系统的基本概念

数据库系统是指在计算机系统中引入数据库后的系统,一般由数据库、数据库管理系统(及其开发工具)、应用系统、数据库管理员和用户组成。数据库系统的组成如图5.1所示。

#### 1. 数据库

数据库(DataBase, DB)是指长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的数据集合。数据库中的数据按一定的数据模型组织、描述和存储,具有较小的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性,并可为各种用户共享。

数据库中的数据不是独立的,数据与数据之间是相互关联的,在数据库中不仅要能够表示数据本身,还要能够表示数据与数据之间的联系,因此数据库中数据是按所提供的数据模式存放,它能构造复杂的数据结构以建立数据间的内在联系与复杂关系。数据独立性是指数据的

组织和存储方法与应用程序互不依赖、彼此独立的特性。

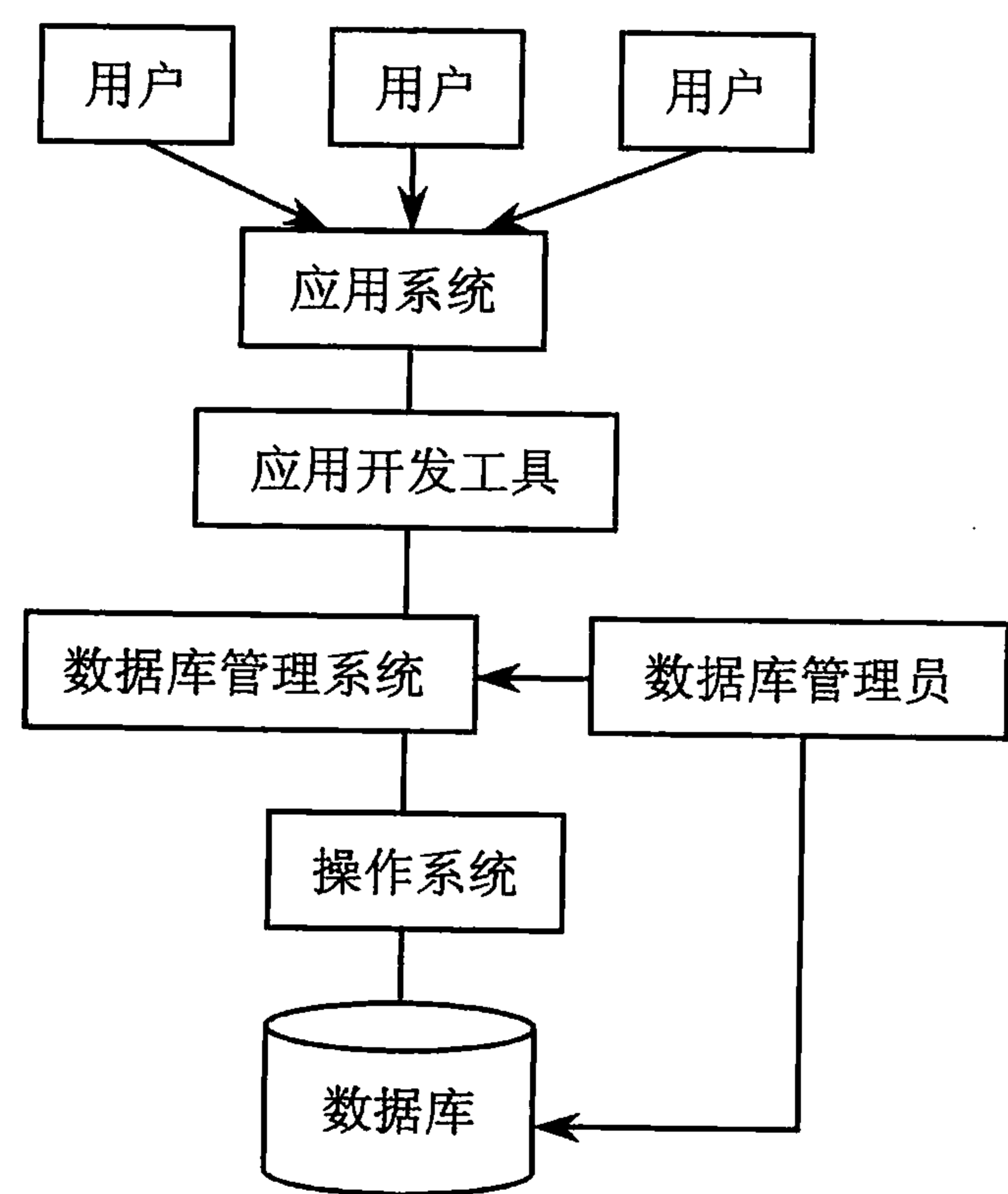


图 5.1 数据库系统的组成

2. 数据库管理系统

数据库管理系统（DataBase Management System，DBMS）是位于用户与操作系统之间的一层数据管理软件，它是数据库系统的核心，数据库在建立、运行和维护时由数据库管理系统统一管理、统一控制。数据库管理系统使用户能方便地定义数据和操纵数据，并能够保证数据的安全性、完整性、多用户对数据的并发使用及发生故障后的系统恢复。

3. 数据库应用系统

数据库应用系统（DataBase Application System，DBAS）是使用数据库语言及其应用开发工具开发的、能够满足数据处理需求的应用程序。如：财务管理系统、图书管理系统等。

4. 数据库管理员

数据库管理员（DataBase Administrator，DBA）是对数据库进行规划、设计、维护、监视、管理的工作人员。数据库管理员要参加数据库开发和使用的全部工作，其主要职责是：决定数据库中信息内容和结构；决定数据库的存储结构和存取策略；定义数据的安全性要求和完整约束条件；监控数据库的使用和运行；改进和重组重构数据库。DBA 可利用工具来做上述工作，其中有两个重要的工具是必需的：一个是系列的实用程序（DBMS 的装配、重组、日志、恢复、统计等程序），另一个是数据字典（存储数据库结构的定义、记录类型和字段定义等信息）。

数据库管理员这一职位是非常重要、非常关键的，任何一个数据库系统如果没有数据库管理员，数据处理自动化就难以成功，数据库就会失去统一的管理和控制，从而造成数据库的混乱。

5. 用户

用户可以直接使用数据库语言访问和操纵数据库，还可以通过应用程序员精心设计的并具有友好界面的应用程序来操纵数据库。

为了便于读者更直观地了解数据库系统，不妨把它与图书馆做一比较，如图 5.2 所示。图

书馆是存储和借阅图书的部门，而数据库系统则是存储数据并负责用户访问数据的机构。正像图书馆不能简单地与书库等同起来一样，也不能把数据库系统仅仅理解成存储数据的集合，而应该理解成一个系统。

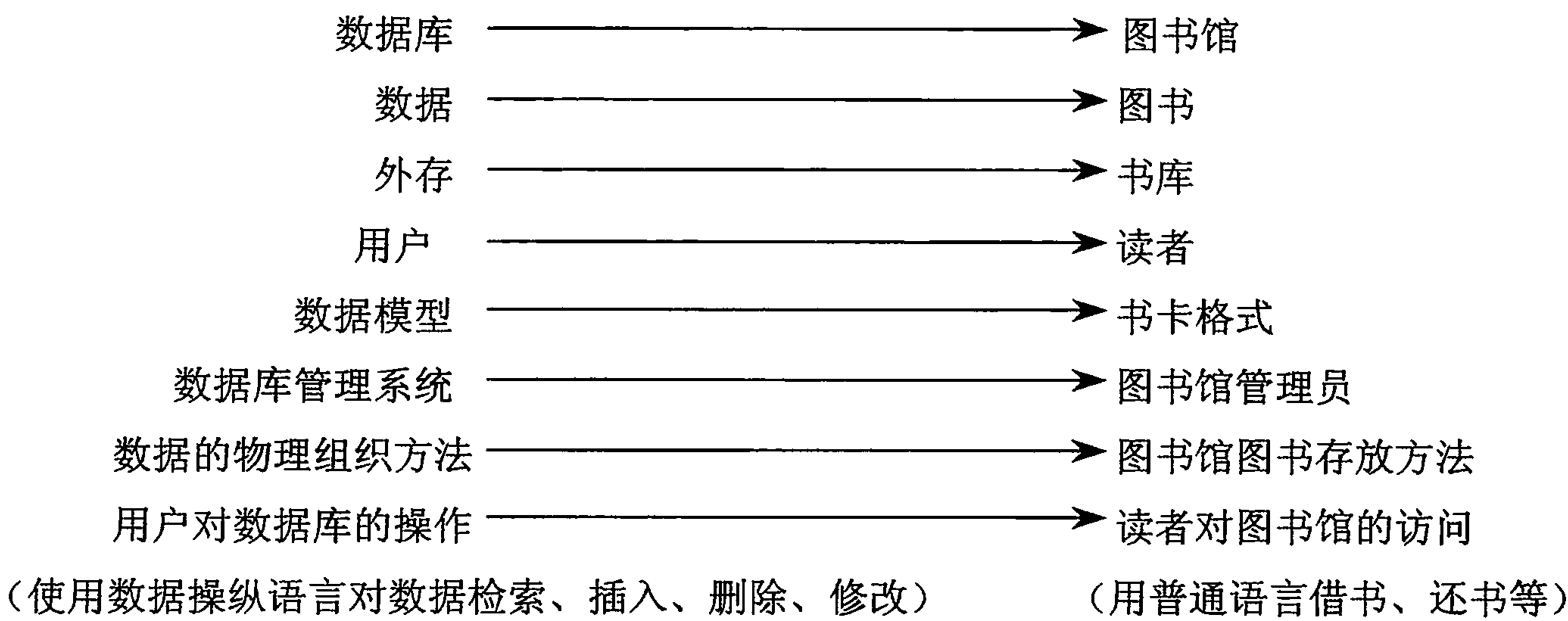


图 5.2 数据库系统与图书馆的比较

5.1.3 数据模型

1. 数据模型的概念

数据库是某个企业、组织或部门所涉及的数据的综合，它不仅要反映数据本身的内容，而且要反映数据之间的关系。由于计算机不可能直接处理现实世界中的具体事务，所以人们必须事先把具体事物转换成计算机能够处理的数据。在数据库中用数据模型这个工具来抽象、表示和处理现实世界中的数据和信息。数据模型是数据特征的抽象，描述的是数据的共性。

数据模型应满足三方面的要求：一是能比较真实地模拟现实世界，二是容易为人们所理解，三是便于在计算机上实现。一种数据模型要很好地满足这三方面的要求，在目前尚很困难。在数据库系统中针对不同的使用对象和应用目的，采用不同的数据模型。根据模型应用的不同目的，可以将模型分为两类，它们分别属于两个不同的层次。

第一类模型是概念模型。它是按用户的观点来对数据和信息建模，主要用于数据库设计。由于概念模型是用户与数据库设计人员之间进行交流的语言，用户一般缺乏计算机知识，因此概念模型应当简单、清晰、易于用户理解，能方便、直接地表达各种语义，而且概念模型应独立于任何 DBMS，但容易向 DBMS 所支持的数据模型转换。

概念模型的表示方法很多，其中最为常用的是 P. P. S. Chen 于 1976 年提出的实体—联系方法，该方法用 E-R 图来描述现实世界的概念模型。

第二类模型是数据模型。它是按计算机系统的观点对数据建模，主要用于数据库管理系统的实现。数据模型是数据库系统的核心和基础，各种机器上实现的 DBMS 软件都是基于某种数据模型的。不同的 DBMS 提供不同的数据模型，传统的数据模型有层次模型、网状模型和关系模型，非传统的数据模型有面向对象数据模型。目前最重要的一种数据模型是关系模型。

2. 关系模型与关系型数据库

关系模型是目前较为流行的一种模型，在用户观点下，关系模型中的数据的逻辑结构是一张二维表，它由行和列组成。现以学生登记表为例（如图 5.3 所示），介绍关系模型中的一些术语。



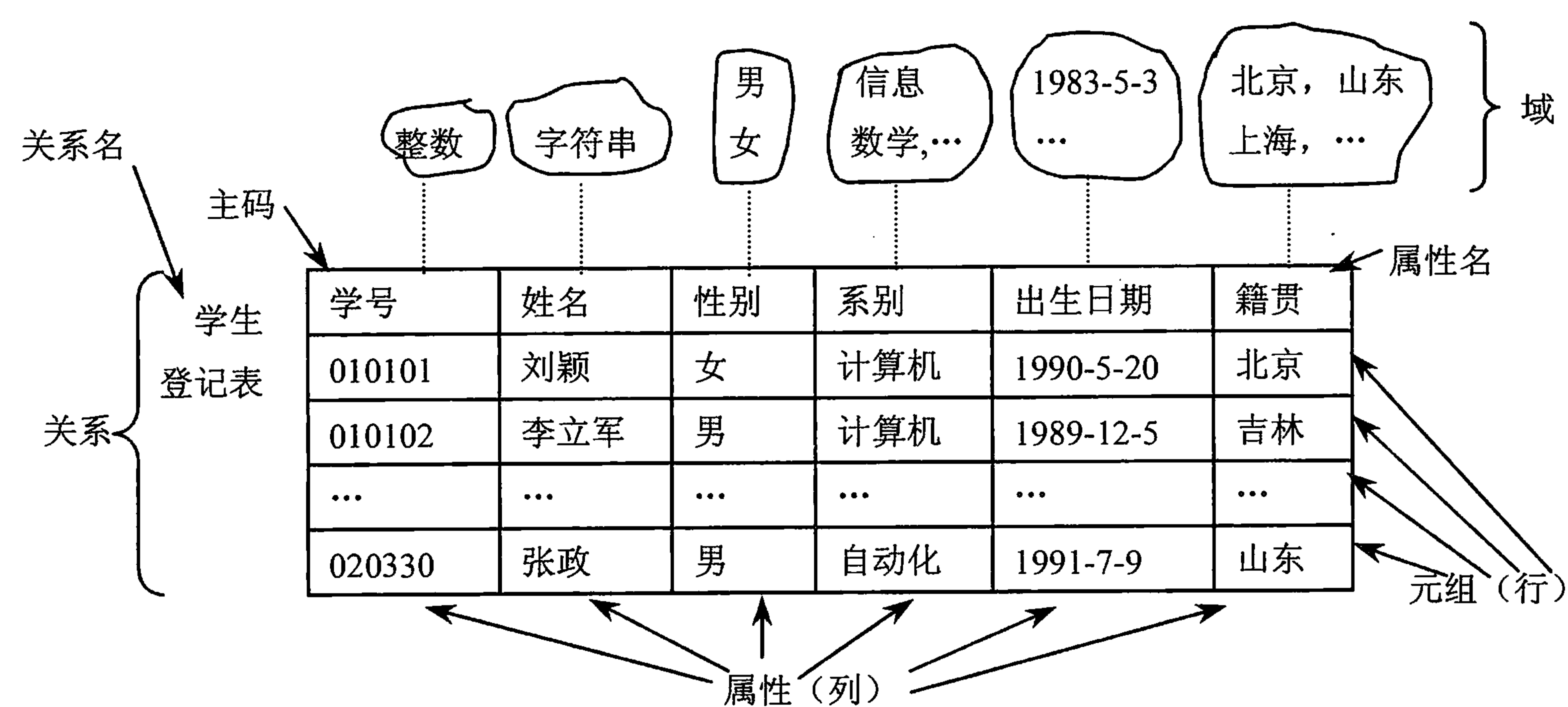


图 5.3 关系模型的结构

- (1) 关系：就是一张二维表。如图 5.3 所示的这张学生登记表。
- (2) 元组（记录）：表格中的一行即为一个元组（或记录）。
- (3) 属性（字段）：表格中的一列即为一个属性（或字段），每个属性有属性名。如学生登记表中有 6 个属性（学号，姓名，性别，系别，出生日期和籍贯）。
- (4) 主码（或主键）：表格中的某个属性组，它能唯一地确定一个元组，这个属性组称为主码。如学号就是学生登记表中的主码。
- (5) 域：属性的取值范围。如年龄一般在 1 岁至 150 岁之间，性别的域是（男，女）。
- (6) 分量：元组中的一个属性值。
- (7) 关系模式：对关系的描述，一般表示为关系名（属性 1，属性 2，……，属性 n）。

在关系模型中，实体（客观存在并可相互区别的事物）以及实体间的联系都是用关系来表示的，即：用二维表格表示实体集合，码（主码和外码）表示实体间的联系。例如，学生、课程、学生与课程之间的联系在关系模型中可以表示如下：

学生（学号，姓名，性别，系别，出生日期，籍贯）  
课程（课程号，课程名，学分）  
选修（学号，课程号，成绩）

严格地说，在关系模型中关系是一种规范化了的二维表格，关系应满足如下性质：

- (1) 关系中的每一个分量必须是一个不可分的数据项。也就是说，不允许表中还有表。
- (2) 关系中不允许出现重复元组，即二维表中每一行不能完全相同。
- (3) 不允许出现重复属性，即各列被指定一个相异的属性名。
- (4) 由于关系是一个集合，因此，行、列次序均无关。

关系模型的操作是建立在二维表（关系）上的操作，它包括对一张表及多张表间的查询以及相应的删除、插入、修改操作。这些操作必须满足关系的完整性约束条件。关系的完整性约束条件包括三大类：实体完整性（即关系中元组的主码取值不能为空）、参照完整性和用户定义的完整性。其中实体完整性和参照完整性是关系模型必须满足的完整性约束条件，应该由关系型数据库系统自动支持。用户定义完整性反映某一具体应用所涉及的数据必须满足的语义

要求，关系模型应提供定义和检验这类完整性的机制。

支持关系模型的数据库系统称为关系型数据库系统。典型的关系型数据库系统有 DB2、Oracle、Sybase、Informix 以及微机上广泛使用的 Access、Visual FoxPro 等。

### 5.1.4 数据库系统的结构

可以从多种不同的角度考查数据库系统的结构：从数据库管理系统角度看，数据库系统通常采用三级模式结构，这是数据库管理系统内部的体系结构；从数据库最终用户角度看，数据库系统的结构分为集中式结构（又可有单用户结构、主从式结构）、分布式结构、客户/服务器结构和并行结构，这是数据库系统外部的体系结构。这里只从数据库管理系统角度介绍数据库系统的模式结构。

虽然实际的数据库系统软件产品种类很多，它们支持不同的数据模型，使用不同的数据库语言，建立在不同的操作系统之上，数据的存储结构也各不相同，但从数据库管理系统角度看，它们在体系结构上通常都具有相同的特征，即采用三级模式结构（外模式、内模式和模式），并提供两级映像功能（外模式与模式之间的映像、模式与内模式之间的映像）。数据库系统的三级模式结构如图 5.4 所示。

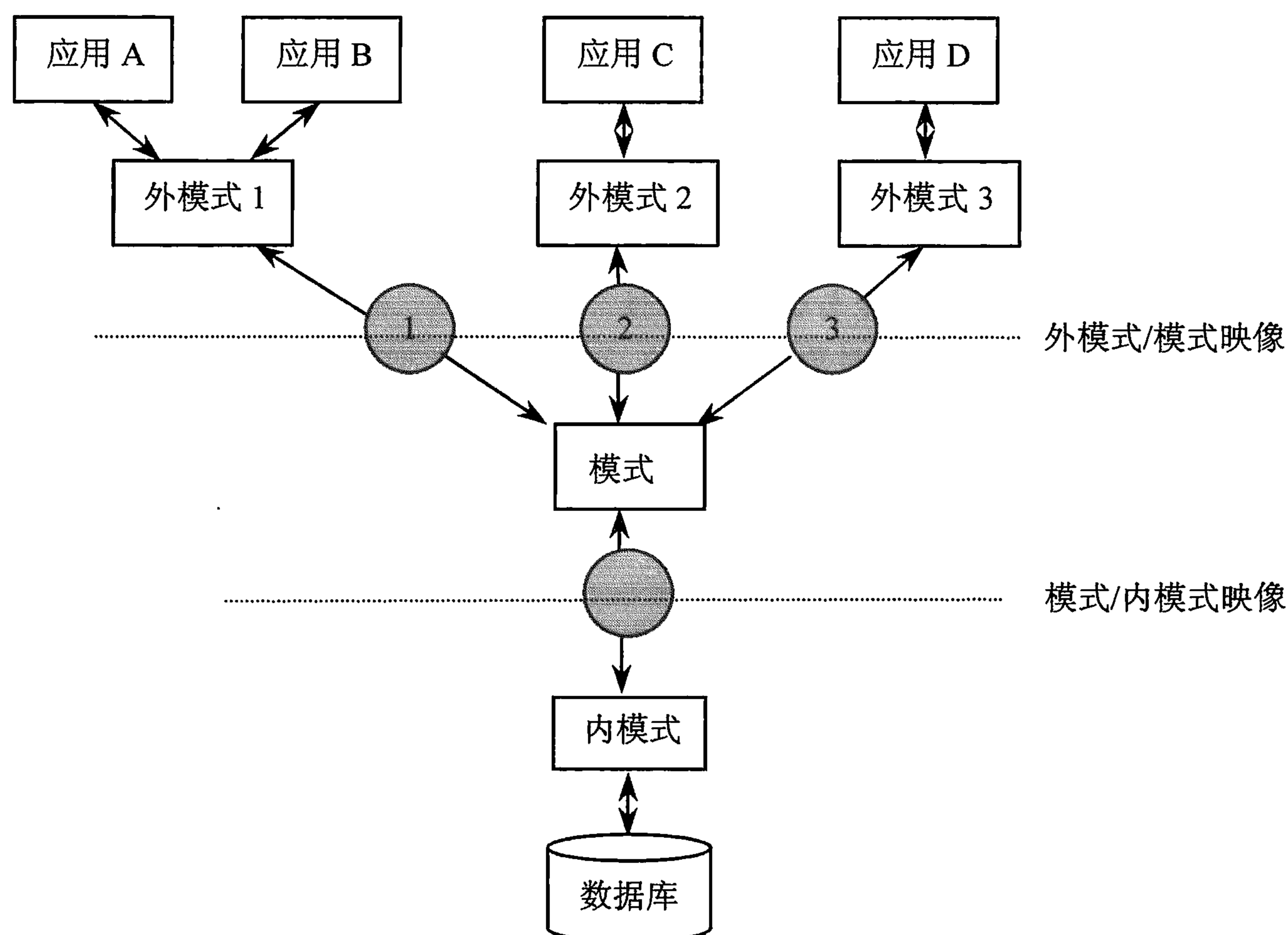


图 5.4 数据库系统的三级模式结构

#### 1. 数据库系统的三级模式

（1）模式。模式也称逻辑模式，是数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述，是所有用户的公共数据视图。它是数据库系统模式结构的中间层，不涉及数据的物理存储细节和硬件环境，与具体的应用程序，与所使用的应用开发工具及高级程序设计语言（如 C 语言）无关。在数据库的三级模式结构中，模式是数据库的中心与关键，它独立于数据库的其他层次，因此

设计数据库模式结构时应首先确定数据库的逻辑模式。

实际上模式是数据库数据在逻辑级上的视图，一个数据库只有一个模式。定义模式时不仅要定义数据的逻辑结构，如数据记录由哪些数据项构成，数据项的名字、类型、取值范围等，而且要定义与数据有关的安全性、完整性要求，定义这些数据之间的联系。

（2）外模式。外模式也称子模式或用户模式，它是数据库用户（包括应用程序员和最终用户）看见和使用的局部数据的逻辑结构和特征的描述，是数据库用户的数据视图，是与某一个应用有关的数据的逻辑表示。外模式面向具体的应用程序，它定义在逻辑模式之上，但独立于内模式和存储设备。当应用需求发生较大变化，相应外模式不能满足其视图要求时，该外模式就得做相应改动，所以设计外模式时应充分考虑到应用的扩充性。

外模式通常是模式的子集。一个数据库可以有多个外模式。同一外模式也可以为某一用户的多个应用系统所使用，但一个应用程序只能使用一个外模式。

外模式是保证数据库安全性的一个有力措施。每个用户只能看见和访问所对应的外模式中的数据，数据库中的其余数据对他们来说是不可见的。

（3）内模式。内模式也称存储模式，它是数据物理结构和存储结构的描述，是数据在数据库内部的表示方式。例如，记录的存储方式是顺序存储、按照 B 树结构存储还是按 hash 方法存储；索引按照什么方式组织；数据是否压缩存储，是否加密；数据的存储记录结构有何规定等。一个数据库只有一个内模式。

内模式依赖于它的全局逻辑结构，但独立于数据库的外模式，也独立于具体的存储设备。它是将全局逻辑结构中所定义的数据结构及其联系按照一定的物理存储策略进行组织，以达到较好的时间与空间效率。

## 2. 数据库的二级映像功能与数据独立性

数据库系统的三级模式是对数据抽象的三个级别，它把数据的具体组织留给 DBMS 管理，使用户能逻辑地抽象地处理数据，而不必关心数据在计算机中的具体表示方式与存储方式。而为了能够在内部实现这三个抽象层次的联系和转换，数据库系统在这三级模式之间提供了两层映像：外模式/模式映像和模式/内模式映像。正是这两层映像保证了数据库系统中的数据能够具有较高的逻辑独立性和物理独立性。

模式描述的是数据的全局逻辑结构，外模式描述的是数据的局部逻辑结构。对应于同一个模式可以有任意多个外模式。对于每一个外模式，数据库系统都有一个外模式/模式映像，它定义了该外模式与模式之间的对应关系。这些映像定义通常包含在各自外模式的描述中。当模式改变时（例如，增加新的数据类型、新的数据项、新的关系等），由数据库管理员对各个外模式/模式的映像作相应改变，可以使外模式保持不变，从而应用程序不必修改，保证了数据的逻辑独立性。

数据库中只有一个模式，也只有一个内模式，所以模式/内模式映像是唯一的，它定义了数据全局逻辑结构与存储结构之间的对应关系。例如，说明逻辑记录和字段在内部是如何表示的。该映像定义通常包含在模式描述中。当数据库的存储结构改变时（例如，采用了更先进的存储结构），由数据库管理员对模式/内模式映像作相应改变，可以使模式保持不变，从保证了数据的物理独立性。

### 5.1.5 数据库的研究内容

数据库系统作为一门学科，其主要的研究内容为：数据库理论、数据模型、数据库语言、



数据的安全性（存取控制、可恢复性）、事务管理（并发控制）。

### 1. 数据库理论

主要内容为关系数据库理论（依赖理论、泛关系理论、超图理论等）、事务理论、逻辑与数据库、面向对象数据库理论。关系数据库理论开始于 E.F.Codd 1970 年的论文，数据依赖用于定义合法的数据库，以维护数据的完整性和一致性。泛关系理论将数据库中的所有关系都看作是包含所有属性的大关系的投影，这隐含了这样的假设，脱离具体的关系讨论属性是有意义的。泛关系思想为关系模式规范化提供了基础，而规范化是关系数据库设计的依据。超图理论将数据库模式描述为超图，其主要目的是为研究有效的查询处理算法，如：把无环超图用于分布式数据库的查询优化。事务理论的研究内容是如何维护数据的一致性。当某些操作被意外中断后会造成数据的不一致，如同一数据在某关系中作了修改而在另一关系中却没改。为了避免这种情况，引入了事务。一个事务是一组数据库操作命令，它们或者没有执行或者全部执行完毕。在有多个用户同时访问数据库的情况下，就要考虑并发控制，如二段加锁、事务的串行化。逻辑与数据库理论主要研究如何将逻辑程序设计技术与数据库技术有机结合，如演绎数据库系统的研究。面向对象数据库理论主要处理大规模的复杂对象。

### 2. 数据模型

任何一个数据库管理系统都至少提供一种数据模型，因此数据模型是数据库研究的基础。根据某种数据模型，人们可以用数据世界来合理地表示现实世界的某一部分，并且将数据世界映射成一个意识世界（用户界面）。数据模型有两方面的含义：数据以何种形式存储、用户以何种形式看待数据。

### 3. 数据库语言

在数据库语言中，描述性部分和过程性部分是分开的。其过程性部分是一个通用的程序设计语言，称为宿主语言；而描述性部分包括数据定义语言和数据操纵语言。数据定义语言用于说明数据库的逻辑模式；数据操纵语言，亦称为查询语言，用于说明对数据库的操作。为了提高对数据库操作的效率，采用了大量查询优化的技术。查询处理及其优化技术的研究就成为数据库研究的重要内容。这方面的工作主要包括索引技术和连接技术。对传统的数据库而言这两项技术已趋完善。由于数据库查询语言和宿主语言之间存在不匹配问题，所以在新型数据库系统中（如：面向对象数据库系统和知识库系统），倾向于二者的有机集成，构成一个数据库程序设计语言。

### 4. 数据安全性（存取控制、可恢复性）

数据安全性是指数据不被非法使用、在意外事件中不被破坏或丢失，这分别是存取控制和可恢复性的研究内容。存取控制的通常做法是为不同用户设置不同的数据存取特权并设立视图机制，使得每个用户只能访问到允许他访问的数据。可恢复性是指在意外事件（软件或硬件方面）破坏了当前数据库状态后，系统有能力恢复数据库，使损失减少到最低限度。数据恢复采用的方法通常是建日志文件和经常性地做数据库的备份。

### 5. 事务管理（并发控制）

在多用户共享的系统中，许多事务可能同时对同一数据进行操作（并发操作），这样数据库的完整性就可能遭到破坏。如果对并发操作不进行合理的控制，可能会导致数据库中的数据产生不一致。因此，要对事务进行管理、控制并发操作。其基本做法是对数据实行加锁及事务调度。



## 5.2 典型数据库系统简介——Access 2003

在第 5.1 节中对数据库技术做了简要介绍，本节将介绍一种具体的关系型数据库系统——Access 2003。

Microsoft Access 2003 是 Microsoft Office 2003 组件中的重要组成部分，是目前较为流行的数据库管理工具，其主要功能是数据库管理和应用。它具有功能强大、界面友好、简单易用等优点，使用 Microsoft Access 2003 可以快速、独立地创建自己的数据库，并能将其应用到实际工作当中，它广泛应用于办公和 Internet 领域。

Microsoft Access 2003 可在 Windows XP、Windows 2003、Windows Vista 操作系统环境下运行。下面将简单地介绍 Access 2003 的基本知识与使用。

### 5.2.1 Access 2003 的基本操作

#### 1. 启动 Access 2003

启动 Access 时，可以通过单击“开始”菜单，然后在程序菜单中选择 Microsoft Office 子菜单中的 Microsoft Office Access 2003 命令打开 Access 2003。

如果用户已在桌面上创建了 Access 2003 的快捷图标，则可以通过双击此图标打开 Access 2003。如果已经创建了 Access 2003 文件，双击该文件，系统将自动启动 Access 2003，并打开用户所双击的文件启动的 Access 2003 窗口，如图 5.5 所示。

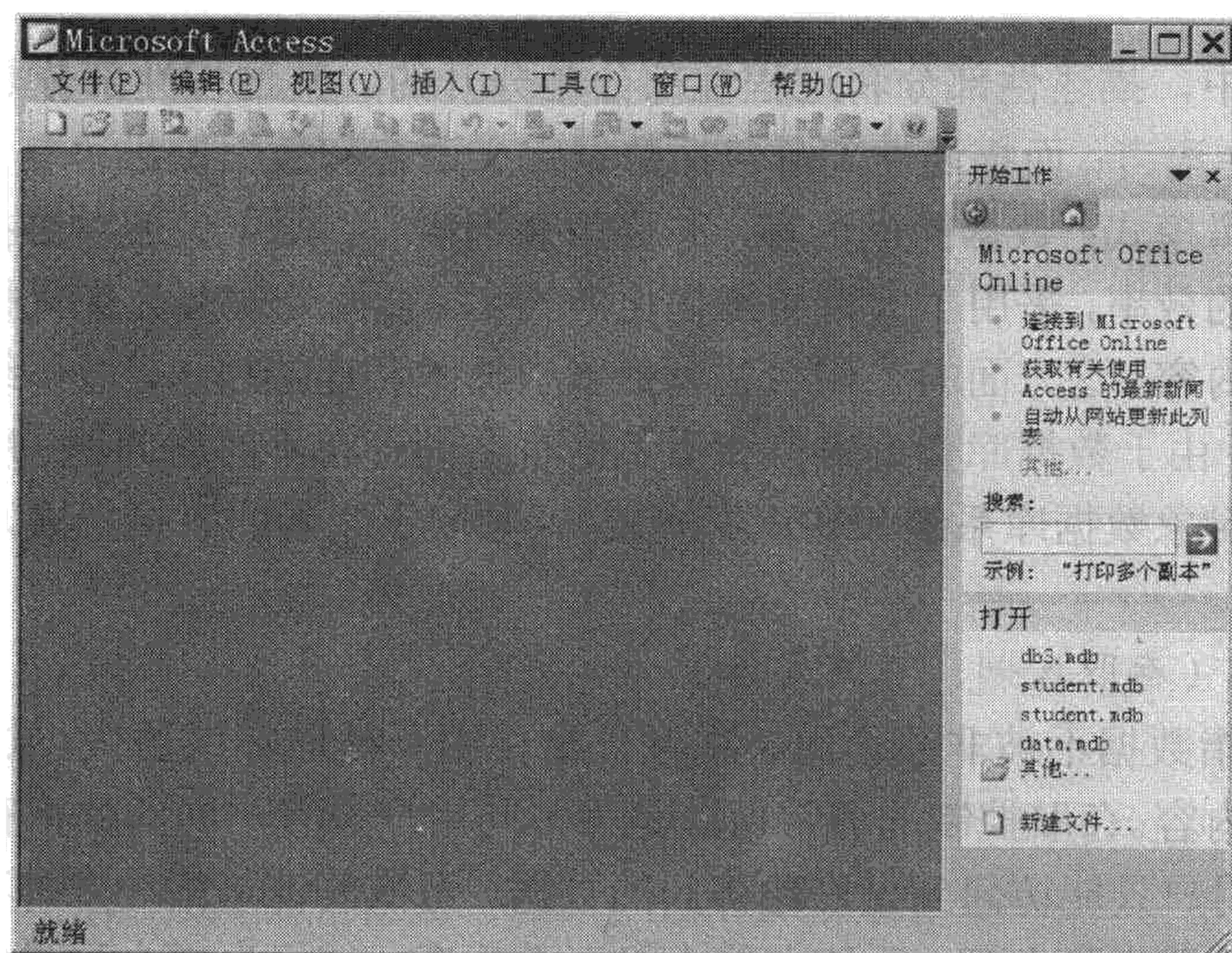


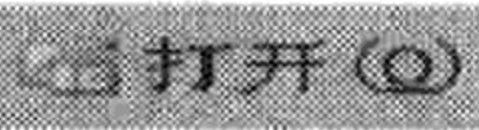


图 5.5 Access 2003 窗口

在 Access 2003 窗口，默认打开的是“开始工作”任务窗格，在此，用户可以通过单击其中的链接，在线查找有关 Access 的最新信息。

如果单击工具栏上的“打开”按钮，可以打开“打开”对话框，用户在此可以选择需要打开的文件。如果单击“新建文件”按钮，则会打开“新建文件”任务窗格。通过此任务窗格，用户可以完成创建新的数据库、数据访问页以及使用现在的或新的数据创建项目等工作。



## 2. 数据库窗口与工具栏

(1) 数据库窗口。当用户创建或打开 Access 文件时，就会自动打开数据库窗口。数据库窗口是 Access 文件的命令中心。在这里可以创建和使用 Access 数据库或 Access 项目中的任何对象。如图 5.6 所示为数据库窗口。在数据库窗口的工具栏上，单击“打开”按钮  可以处理目前选中的对象，单击“设计”按钮  可以打开设计器修改目前选中的对象，单击“新建”按钮  可以创建新对象。在“对象”选项组中，单击某种对象类型，例如“表”或“窗体”，可以显示该类型的对象的列表。

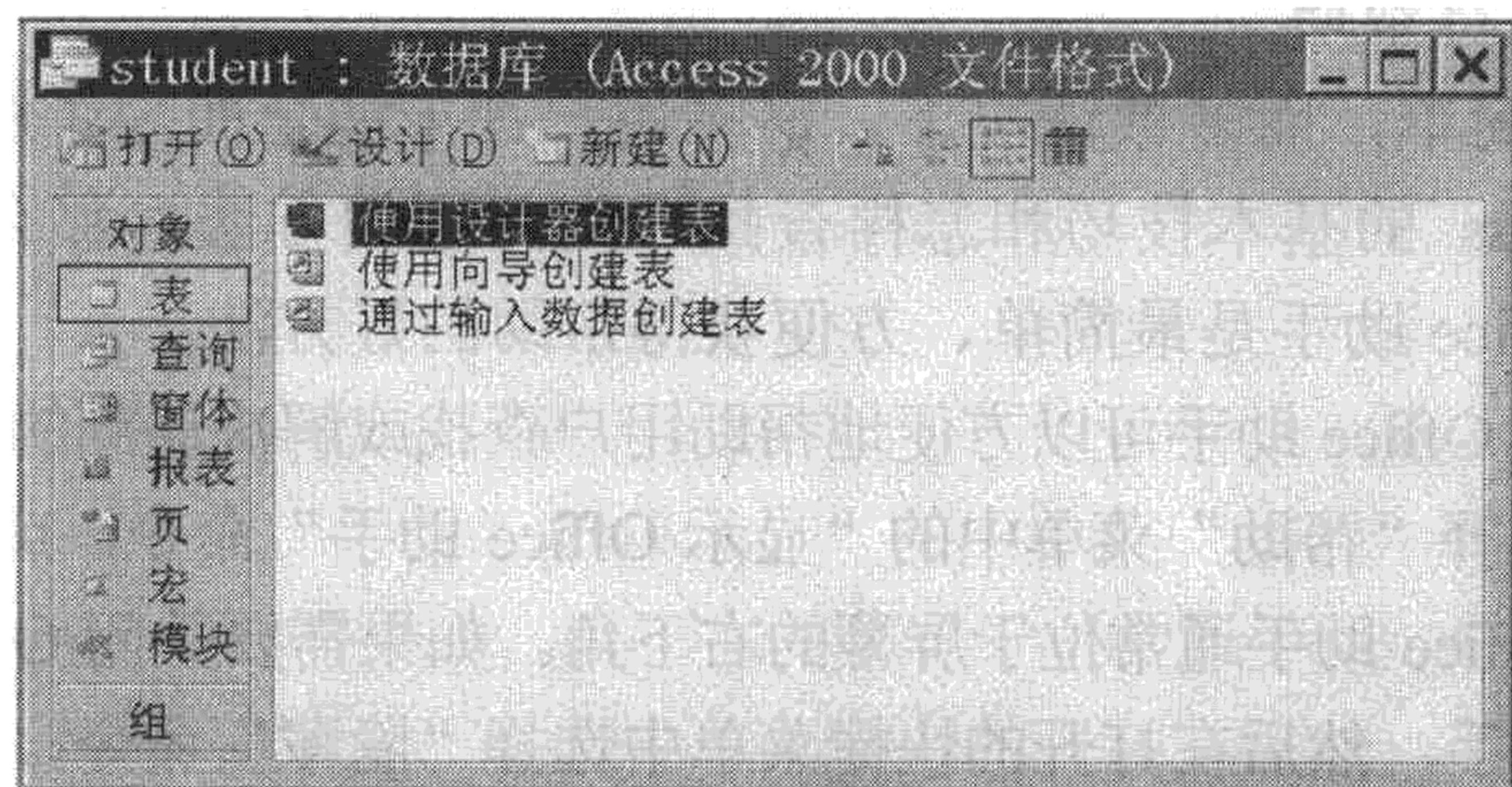


图 5.6 数据库窗口

(2) 工具栏。Access 2003 中的常用工具栏如图 5.7 所示，通过使用它们可以便捷地使用 Access 2003 提供的各种功能。

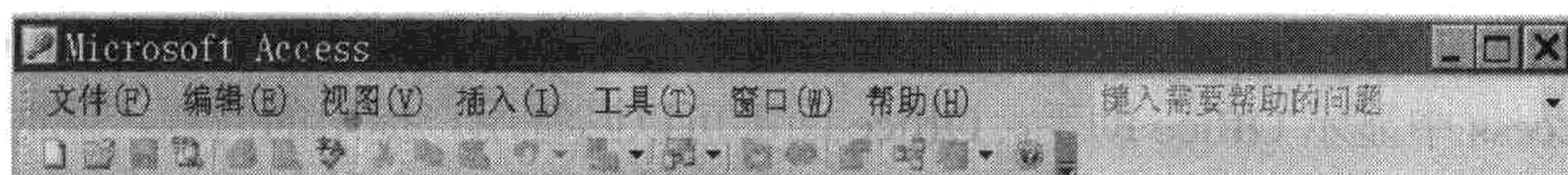


图 5.7 Access 中的常用工具栏

在使用和设置工具栏时应注意以下几点：

- 使用自定义菜单和工具栏。展开菜单显示所有的命令，选择用于添加到自定义菜单的命令，这样，Access 2003 在运行时将调整菜单栏和工具栏，以便只将常用的命令和工具栏按钮显示出来。
- 排放工具栏。如果工具栏因没有足够的空间而没有显示所需的按钮，可以单击“其他”按钮。若希望放置更多的按钮，可以调整工具栏的尺寸；并且单击此按钮后，此按钮将同使用最频繁的按钮一同显示在工具栏上。
- 指定到工具栏按钮或者菜单命令的超级链接。为便于对计算机、Intranet 或者 Internet 的某位置的访问，可以指定到工具栏按钮或菜单命令的超级链接。

## 3. 关闭对象

在 Access 中，不管对象是如何打开的，都可以用任何标准的 Windows 方法关闭对象。通常情况下，关闭对象可以使用以下 3 种方法。

- (1) 单击要关闭窗口右上角的关闭按钮，而不是 Access 程序窗口的关闭按钮。
- (2) 选择“文件”菜单中的“关闭”命令，而不是“退出”命令。
- (3) 使用 Ctrl+W 或 Ctrl+F4 快捷键。



#### 4. 关闭 Access 2003

当用户工作完成之后，需要及时关闭打开的数据库，以避免意外事故的发生而丢失数据或损坏数据库。通常情况下，可以使用以下 4 种方法关闭 Access。

- (1) 单击 Access 右上角的“关闭”按钮。
- (2) 选择“文件”菜单中的“退出”命令。
- (3) 使用 Alt+F4 快捷键。
- (4) 使用 Alt+F+X 快捷菜单命令。

#### 5. 在 Access 中获得帮助

Access 看起来很简单，而多数情况下，许多用户都未能全面地了解它的所有特性，但是如果懂得了操作 Access 的基本技巧和怎样查找遇到问题方法，那么你能很快就能成为一个 Access 专家。使用 Office 助手是最简单、方便获得帮助的好方法。

(1) Office 助手。Office 助手可以方便地帮助用户查找或解决遇到的常用问题。如果想要打开 Office 助手，可以选择“帮助”菜单中的“显示 Office 助手”命令，或者通过单击 F1 键打开 Office 助手。打开的 Office 助手通常位于屏幕的右下角。如果需要关闭 Office 助手，可以右击处于活动状态的 Office 助手，然后在打开的快捷菜单中选择“隐藏”命令，将其隐藏起来。

Office 的帮助系统是上下文关联的，Office 助手会检查用户正在进行的工作，猜测（或确定）用户遇到了什么问题，然后针对问题提出解决的方法或意见。右击处于活动状态的 Office 助手，在打开的快捷菜单中选择“选项”命令，可以打开“Office 助手”对话框中的“选项”选项卡，如图 5.8 所示。对于多数用户来说，当前默认选项是比较合适的，如果需要变动，也可根据需要进行调整。如果在“Office 助手”对话框的“选项”选项卡中选中了“使用 Office 助手”复选框，可以在 Access 中显示 Office 助手。Office 助手可以回答用户提出的问题，同时还将显示各种功能的提示。如果不希望使用 Office 助手，可以清除该复选框，关闭 Office 助手。

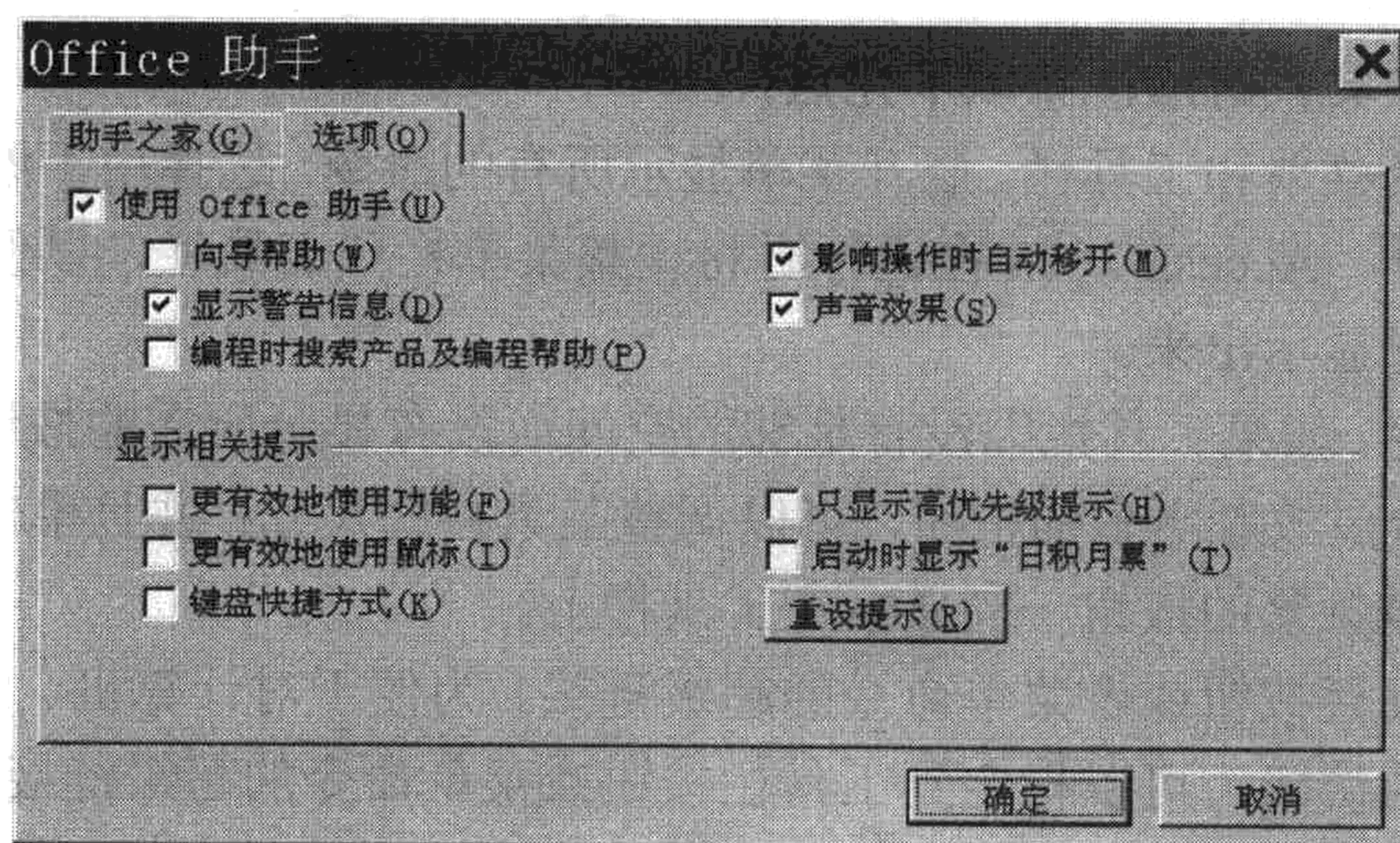


图 5.8 “选项”选项卡

(2) “Microsoft Access 帮助”任务窗格。如果已经关闭了 Office 助手而又需要帮助时，可以通过单击“帮助”菜单上的“Microsoft Access 帮助”命令，打开“Microsoft Access 帮助”任务窗格，来获取更为详细和全面的帮助信息。单击“Microsoft Access 帮助”任务窗格中的“目录”链接，可以在任务窗格中显示帮助标题，单击某个帮助标题，还会打开一个帮助窗口，显示有关的帮助信息。



(3) “提出问题”框。在 Access 中，除了使用“帮助”菜单中的“Microsoft Access 帮助”命令和使用 Office 助手之外，如果要快速得到帮助信息，用户还可以使用菜单栏上的“提出问题”文本框，如图 5.7 右上角所示。当用户需要快速得到帮助时，可以在“提出问题”文本框中输入问题，以便快速找到所需的答案。

5.2.2 Access 2003 的数据库对象

数据库是信息的集合，Access 2003 的一个数据库是由表、查询、窗体、报表等组成的，而表是整个数据库的基础，它记录了数据库中的有关数据内容，其他对象则是 Access 2003 提供的工具，用于对数据库进行操作、维护和管理。

使用数据库，用户可以管理所有用户信息。在数据库中，用户可完成以下几项主要工作：

- (1) 用表存储数据。
- (2) 用查询查找和检索所需的数据。
- (3) 用窗体查看、添加和更新表中的数据。
- (4) 用报表以特定的版式分析、显示或打印数据。
- (5) 用数据访问页查看、更新或分析来自 Internet 或 Intranet 的数据库数据。

1. 表

表 (Table) 是一个关系数据库最基本的对象，表是关于特定主题数据的集合。例如，学生基本情况、课程和选修。表的作用是存储原始数据，它是数据库的基础，数据库中其他对象的操作都将建立在表的基础之上。

表是由若干记录和字段组成的，在表中，每一列为一个字段，每一行为一个记录，每个表都要有一个或多个字段作为主键，以使表中的记录被唯一地确定。学生基本情况表如图 5.9 所示。



图 5.9 学生基本情况表

一个数据库一般有多个表，每个表存储了特定的主题信息，表之间可以用相同的字段来产生联系。

2. 查询

查询 (Query) 是一个相对独立的、功能强大的、极其重要的数据库对象。使用查询，可以从一个复杂的数据表中提取各种有用的数据信息，并且保存为一个新的数据库对象；也可以从若干个数据表中提取更多更新的信息；还可以实现对原有数据表的各种数据进行有效的、高效率的更改；并且可以将数据查询结果保存为数据库中表的形式。

用户可以使用查询来修改表的结构或者访问 Access 2003 外部的数据，也可以用查询结果

作为数据源来创建数据库的窗体和报表，另外，查询还可以对数据进行分析 and 汇总。

### 3. 窗体

窗体（Form）是一种主要用于在数据库中输入和显示数据的数据库对象，窗体可以向用户提供一个形式美观、内容丰富、交互式的图形界面。开发一个完整的 Access 2003 数据库应用程序，离不开窗体的设计和开发。

为便于直接在表中查看、输入和更改数据，可以创建窗体。当打开窗体时，Access 检索来自一个或多个表中的数据，并将需要的数据显示在窗体中。

窗体还可以用作切换面板来打开其他窗体和报表，或者用作自定义对话框来接收用户输入、显示提示信息等。

### 4. 报表

报表（Report）是表现用户数据的一种有效的方式。用户可以通过创建报表，按输出要求，将在数据库中已经创建的各种数据信息进行格式上的重新设计，使用报表显示、汇总或打印数据。报表的数据源可以是基本表，也可以是某一查询提供的结果。

### 5. 数据访问页


数据访问页（Data Web Page）是一种特殊的 Web 页，主要用于查看和操作来自局域网或 Internet 中的数据，这些数据保存在 Access 数据库或者 Microsoft SQL Server 数据库中。数据访问页也可能包含来自其他数据源的数据，如 Excel 工作表等。

如果要在 Internet 或 Intranet 上使用数据，实现交互式的报表数据输入或数据分析，可以使用数据访问页。Access 可以从一个或多个表中检索数据，并按照用户在设计视图中创建的或在页向导中选择的布局方式，在屏幕上显示这些数据。

### 6. 宏

宏（Macro）是 Access 数据库的一个特色对象。宏是指多个操作的集合，其中每个操作实现特定的功能。在 Access 中使用宏，可以将一些常用的操作合成在一起，形成一个固定动作集合，然后保存为宏的形式。在需要执行这些操作的时候，只需运行这个宏，就可以实现这些操作的自动、快速执行，有利于提高工作效率。例如，若用户要打印报表，则只要执行包括“打开报表——打印报表——关闭报表”的宏就能一步一步地自动完成。

宏可以是包含操作序列的一个宏，也可以是某个宏组（即由多个宏组成的宏），使用条件表达式可以决定在某些情况下运行宏时，某个操作是否运行。

在“数据库”窗口中，单击数据库窗口左侧中“对象”下的 ，系统会在数据库对话框右侧的列表框中自动显示出已创建的宏或宏组对象，如图 5.10 所示。

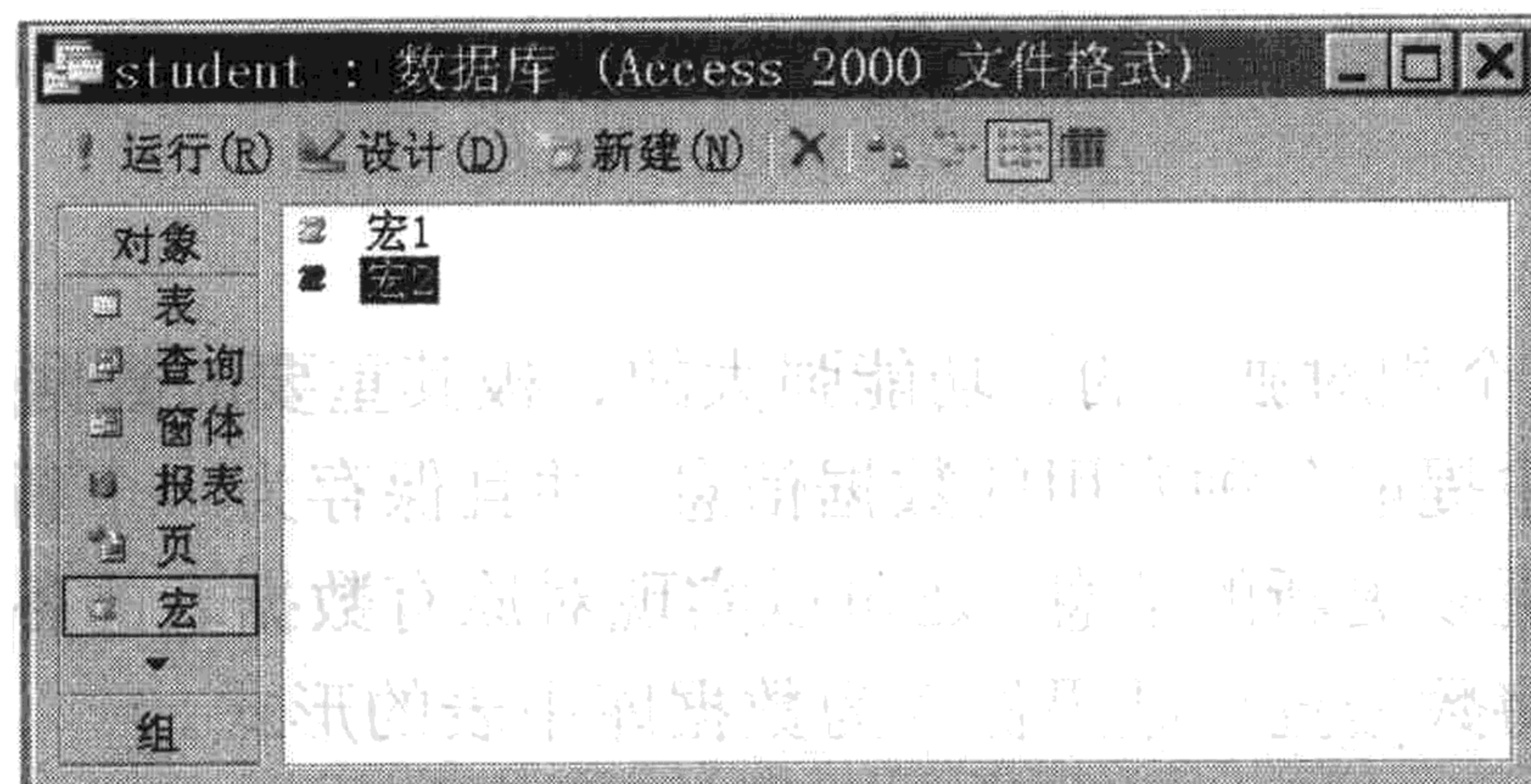


图 5.10 宏对象



若要创建宏，则单击“数据库”窗口工具栏上的“新建”按钮，在设计视图中创建宏，在“操作”列表中选择要使用的操作，如果需要，在“宏”窗口的下半部，指定操作的参数。如图 5.11 所示为宏“操作”列表。若在宏对象中选中某一宏或宏组对象并单击数据库窗口上方的“设计”按钮，则系统将打开该宏（或宏组）的内容，其中列出了宏（或宏组）的名称、条件、操作和注释等。若要运行某一个宏或宏组，只要先在数据库窗口的列表框中选中它，然后单击数据库窗口上方的“运行”按钮即可，也可以直接双击宏（或宏组）的名称使其运行。

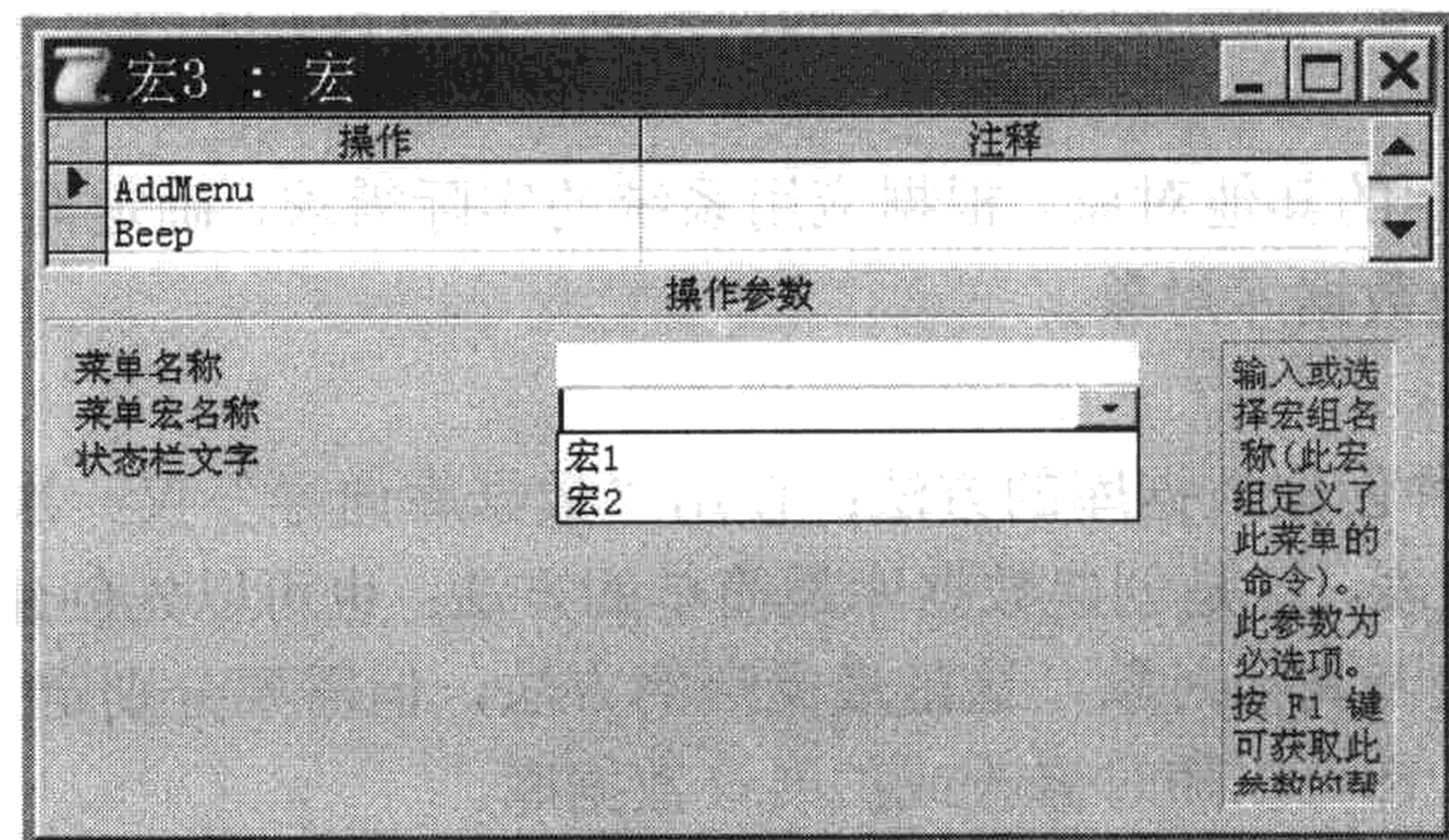


图 5.11 宏“操作”列表

7. 模块

模块（Module）是使用 Access 2003 提供的 VBA 语言编写的程序段。模块中的每一个过程可以是一个函数过程或子程序。

模块有两种类型：标准模块和类模块。标准模块又称为一般模块，是由用户自行创建的模块，其中可以有变量、函数和程序，在标准模块中定义的函数可以在整个数据库中使用。类模块则是附属于 Access 2003 的对象（如表单、报表等）之中，并且在产生对象时会自动建立属于该对象的模块。

若单击数据库窗口左侧的“模块”按钮，则在右侧列表框中将显示所有已创建的模块对象。双击模块的图标，系统将打开 VBA 的开发环境，并显示该模块的源代码。使用 VBA 编写模块的方法与 Microsoft Visual Basic 类似。对于一些简单的应用，并不需要创建模块，只有对于使用基本操作和宏难以实现的复杂应用系统，才需要编写模块。

5.2.3 数据库的设计与创建

数据库是信息的集合，一个数据库包含若干表、报表、窗体等对象，通常情况下，用户首先创建一个数据库，然后再创建表、窗体等对象。在创建数据库之前，还需要对要创建的数据库有一个规划，以避免因设计不周而造成不必要的麻烦。

1. 设计数据库

通常情况下，在创建数据库之前，首先要进行数据库设计，设计数据库时应按以下步骤：

- （1）确定创建数据库的用途。通过需求分析确定创建数据库的用途，确定想从数据库中得到哪些信息，从而确定主题，需要创建的表、查询、报表、窗体等其他对象。
- （2）确定数据库中需要的表。表是数据库中存储数据最基本的单位，一个客观对象的特



征信息存储为一个表，例如，可以为学生基本情况创建一个表，也可以为学生选课情况创建一个表。

（3）确定表中需要的字段。表中每一个字段用于描述该表的属性。例如，学生基本情况表包含学号、姓名、性别、出生日期、系别等字段。

（4）确定每个表中的主键。主键是表中一个或一组能够唯一标识表中每条记录的字段。例如，学生基本情况表中“学号”为主键。

（5）确定表与表之间的关系。在 Access 数据库中为每个主题都设置了不同的表，为了能将相关表中的信息组合在一起，必须定义表间的关系。表与表之间的关系通过表中相匹配的字段来建立。

（6）确定数据库中的其他对象。根据应用系统的实际需求，确定需要建立的查询、窗体、报表、宏和模块等其他数据库对象。

## 2. 创建数据库

Access 提供了两种创建数据库的方法：使用“数据库向导”仅一次操作即可为数据库创建必要的表、窗体及报表，这是创建数据库最简单的方法；也可以先创建一个空数据库，然后再添加表、窗体、报表及其他对象，这是最灵活的方法，但需要分别定义每一个数据库元素。无论使用哪一种方法，都可以随时修改或扩展该数据库。

通常情况下，许多用户都是先创建一个空数据库，然后再在此空数据库中添加表、查询、窗体等对象，其操作方法很简单，在启动 Access 2003 时，系统自动显示 Access 2003 窗口（如图 5.5 所示），在“开始工作”任务窗格中单击“新建文件”按钮，则会打开 Access “新建文件”窗口，如图 5.12 所示。单击“空数据库”选项，然后在打开的“文件新建数据库”对话框中（如图 5.13 所示）指定数据库的名称和位置，然后单击“创建”按钮即可。

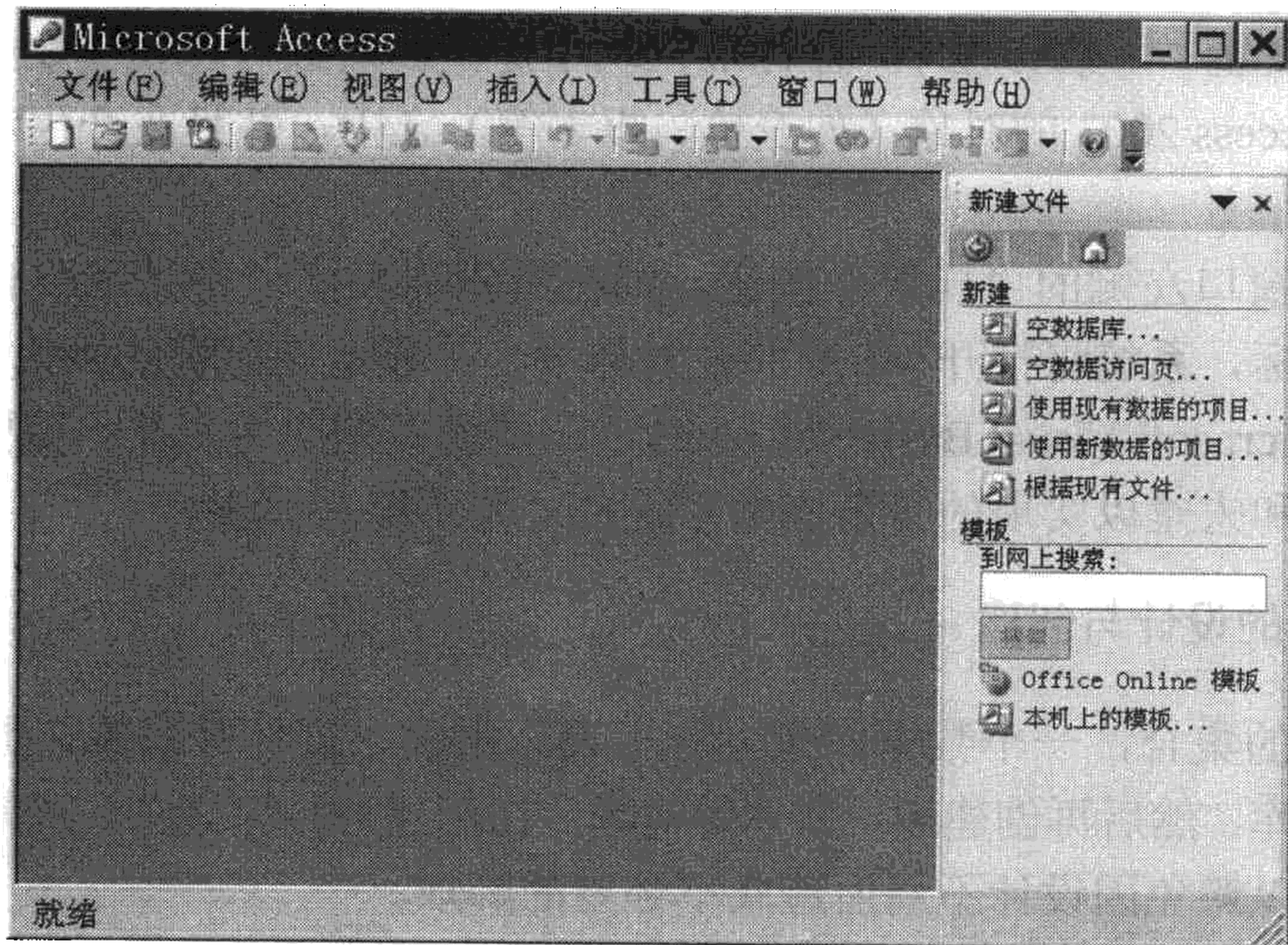


图 5.12 Access “新建文件”窗口

总之，在 Access 2003 中，一个数据库应用程序被保存为一个\*.mdb 文件，各种数据库对象（数据访问页除外）都被保存在该文件中，所以创建一个新的数据库也就是指定\*.mdb 文件的文件名及其存放位置的过程。



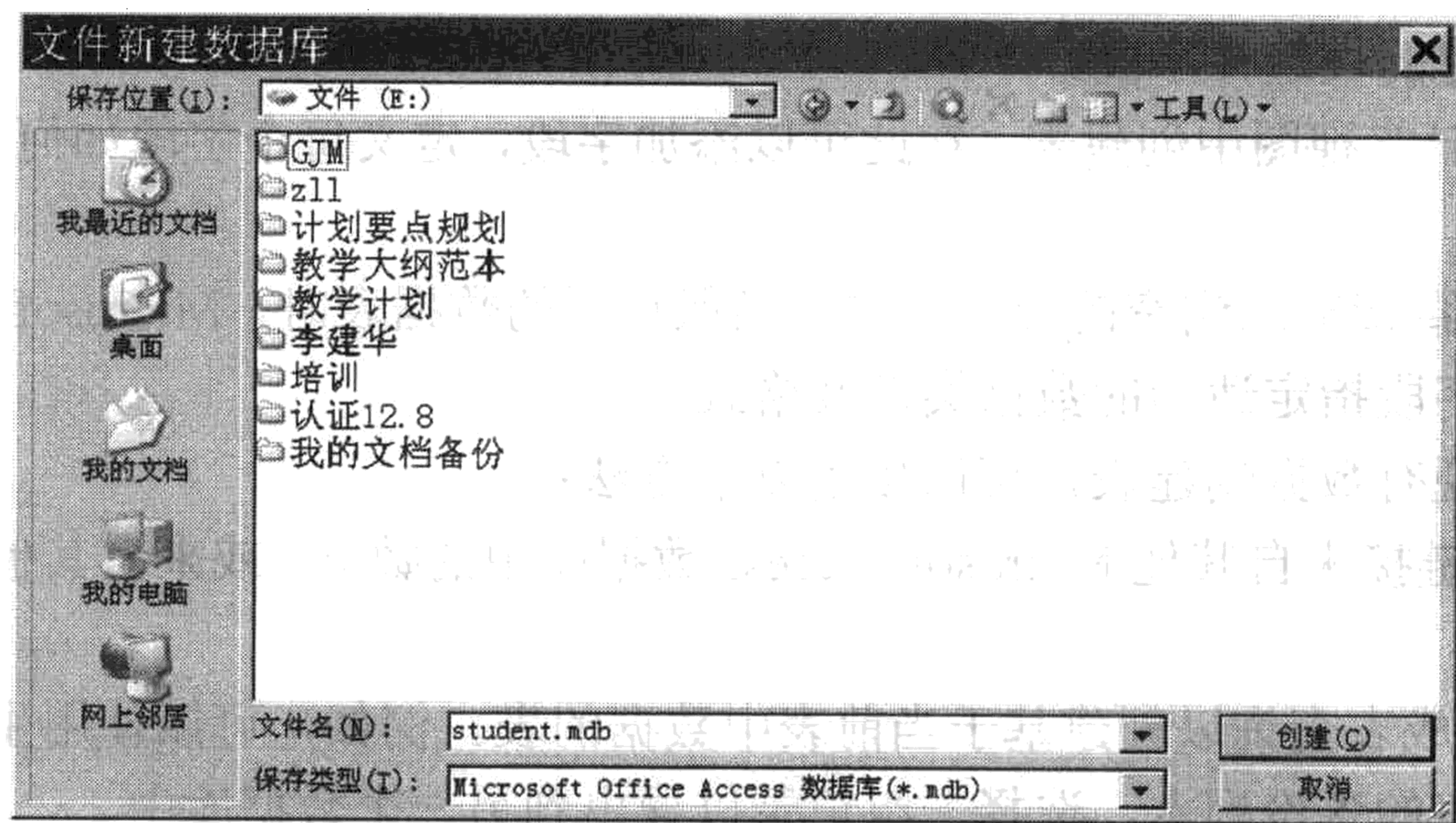


图 5.13 “文件新建数据库”对话框

3. 设计并创建 “student.mdb” 数据库

例：创建学生数据库：“student.mdb”，此库包含 3 个基本表：“学生基本情况”、“课程”和“选修”，分别如表 5.1、表 5.2 和表 5.3 所示。

表 5.1 学生基本情况

学号	姓名	性别	系别	出生日期	籍贯
010101	刘颖	女	计算机	1990-5-20	北京
010102	李立军	男	计算机	1989-12-5	吉林
010103	王雪	女	计算机	1989-9-9	大连
010104	郑宇新	男	计算机	1990-5-9	吉林
020301	孙林峰	男	自动化	1991-11-27	吉林
020302	李芳	女	自动化	1990-9-13	长春
020303	张政	男	自动化	1991-7-9	长春

表 5.2 课程

课程号	课程名	学分
01	高等数学	3
02	大学外语	4
03	数据结构	5
04	操作系统	5
05	微机原理	4

表 5.3 选修

学号	课程号	成绩
010101	01	89
010101	04	70
020301	01	85
020301	02	70
010103	05	78

5.2.4 表的创建与使用

在 Access 2003 中，表是数据库的基础，所有数据库对象以及其中的相关操作，都以表和表中的数据作为基础。

1. 创建表

如果要新创建空表用以输入数据，可以使用以下几种方法：

- (1) 使用“表向导”从各种预先定义好的表（如商务合同表、家用物品目录表或医疗记



录表）中为待创建的表选择字段。

（2）在“设计”视图中创建表，在此可以添加字段，定义每个字段如何显示或处理数据，并创建主键。

（3）将数据直接输入到空的数据表中。当保存新的数据表时，Microsoft Access 将分析数据并自动为每一字段指定适当的数据类型及格式。

如果要利用现有数据创建表，可以使用以下方法：

（1）导入或链接来自其他 Microsoft Access 数据库中的数据，或来自其他程序的各种文件格式的数据。

（2）执行生成表查询以创建基于当前表中数据的表。例如，可以使用生成表查询来整理旧的记录，制作表的备份副本，选择一组记录以导出到另一个数据库中。

人们可以根据自己的具体需要，使用上述 5 种方法中的任意一种进行新表的创建。这里只介绍其中的一种，即：在“设计”视图中创建表。具体操作步骤如下：

（1）打开“数据库”窗口，单击“对象”下的“表”，再单击“数据库”窗口工具栏上的“新建”按钮，打开“新建表”对话框。

（2）双击“设计视图”选项，或在数据库窗口中双击“使用设计器创建表”，进入表设计视图，如图 5.14 所示。

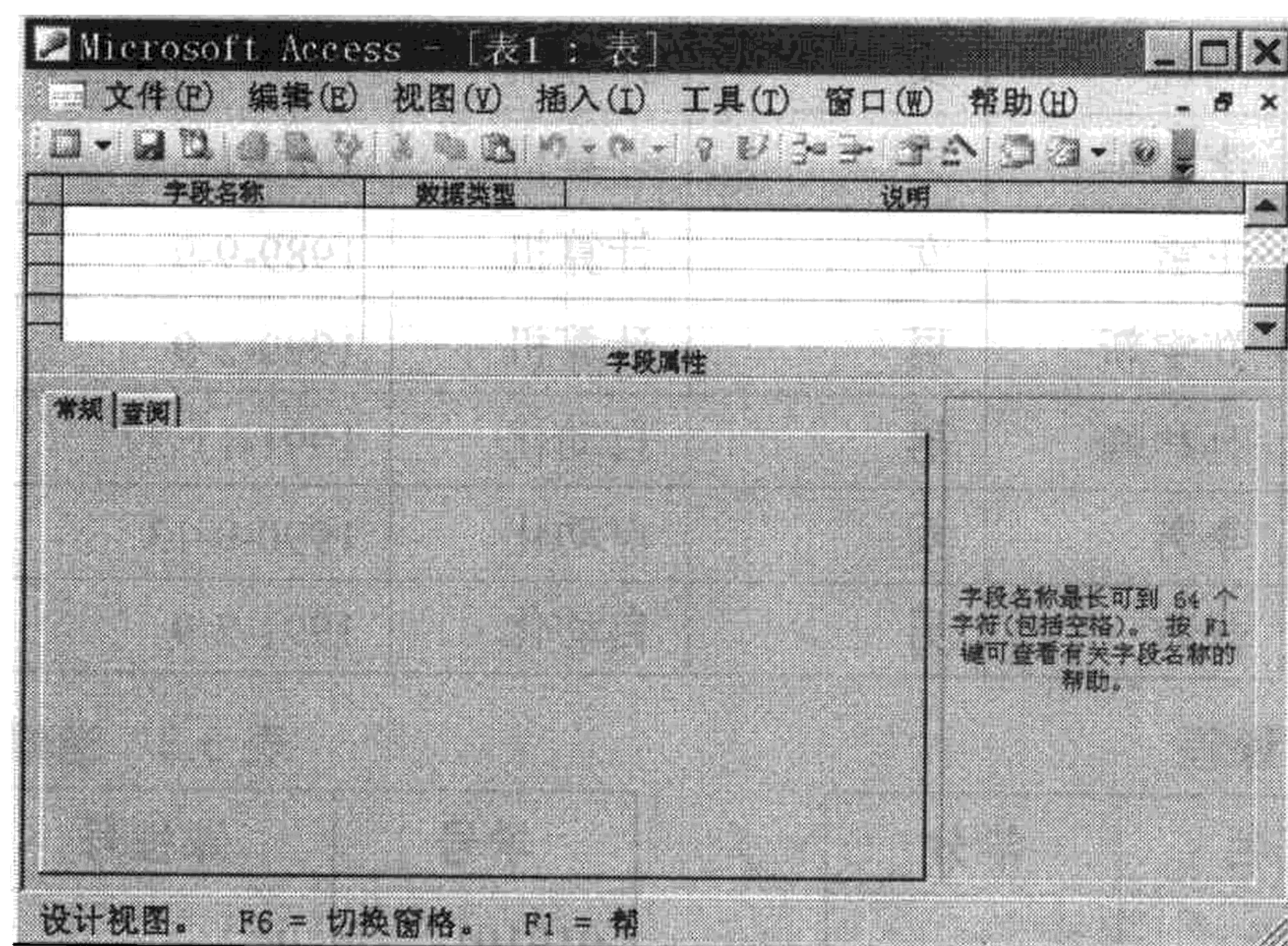


图 5.14 表设计视图

（3）在“字段名称”中输入字段的名称，在“数据类型”下拉列表框中选择字段的数据类型。如果需要，可以在“说明”栏中输入有关字段的说明。

（4）单击“文件”菜单中的“保存”按钮，打开“另存为”对话框，在“表名称”文本框中输入表的名称后，单击“确定”按钮。在保存表之前，可以定义一个主键字段。定义主键并非必要条件，但推荐用户这样做。如果未定义主键，在保存表时 Microsoft Access 会询问是否让 Access 为用户创建一个主键。主键的值能唯一地标识表中的每条记录，它可以是一个字段，也可以是多个字段。主键不允许 Null 值的存在，而且必须始终有唯一索引。主键用于在某个表与其他表中的外键之间建立关系。

（5）当表结构设计完后，可以双击数据库窗口中的表名称（如：“学生基本情况”）打开学生基本情况表，进入数据输入窗口，用户可将需要的数据依次输入到表中，如图 5.15 所示。



学生基本情况：表						
学号	姓名	性别	系别	出生日期	籍贯	
010101	刘颖	女	计算机	1990-5-20	北京	
010102	李立军	男	计算机	1989-12-5	吉林	
010103	王雪	女	计算机	1989-9-9	大连	
010104	郑宇新	男	计算机	1990-5-9	吉林	
020301	孙林峰	男	自动化	1991-11-27	吉林	
020302	李芳	女	自动化	1990-9-13	长春	
020303	张政	男	自动化	1991-7-9	长春	

图 5.15 向表中输入数据

按上述方法创建“学生基本情况”、“课程”和“选修”3 个表，并建立 3 个表之间的关系。关系的定义方法为：打开 student 数据库，在数据库窗口中执行“工具”菜单中的“关系”命令，打开关系视图，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择“显示表”命令，打开如图 5.16 (a) 所示的“显示表”对话框，分别选择表（“学生基本情况”、“课程”和“选修”）后单击“添加”按钮，将 3 个表添加到关系视图中。将“学生基本情况”表中的“学号”字段拖到“选修”表中的“学号”字段上，将自动打开如图 5.16 (b) 所示的“编辑关系”对话框，选择“实施参照完整性”复选框后单击“创建”按钮，再将“课程”表中的“课程号”字段拖到“选修”表中的“课程号”字段上，在“编辑关系”对话框中选择“实施参照完整性”后单击“创建”按钮，此时在“关系视图”中将显示出新创建的“一对多”关系，如图 5.16 (c) 所示。

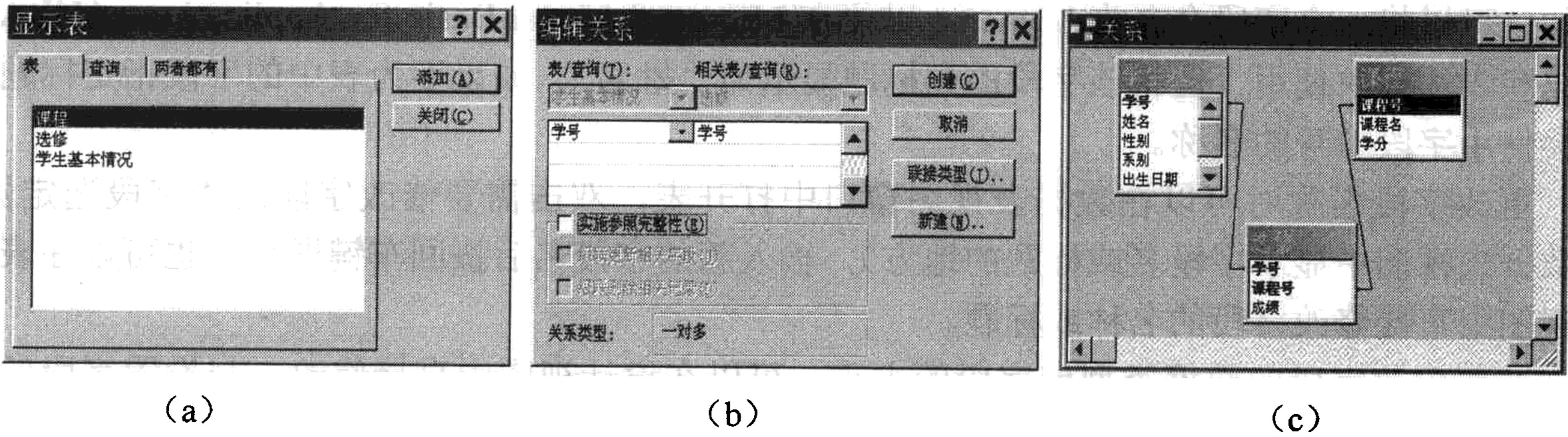


图 5.16 定义表之间的关系

2. 表的修改

表在建立之后，往往会因为数据库设计的改变而需要变更，所以修改表的设计是数据库设计过程中不可缺少的一个步骤。

(1) 创建表备份。在更改数据库设计之前应首先建立一个数据库备份，以防止因出现无法挽回的错误修改而导致数据丢失。对整个数据库的备份只需像复制一般文件一样创建数据库文件（.mdb）的副本。如果仅需要创建数据库中表的备份，可以在数据库窗口中选中该表后，单击工具栏中的“复制”按钮，再单击“粘贴”按钮。此时将打开如图 5.17 所示的“粘贴表方式”对话框。使用该对话框用户可以指定备份表的名称，选择“只粘贴结构”、“结构和数据”或“将数据追加到已有的表”单选按钮，然后单击“确定”按钮。

(2) 在表中插入或删除字段。插入或删除字段是一种常用的修改。随着时间的推移，数据库表中的字段根据新的要求而需要相应地增加、删减字段，这时就需要在表中插入或删除字段。



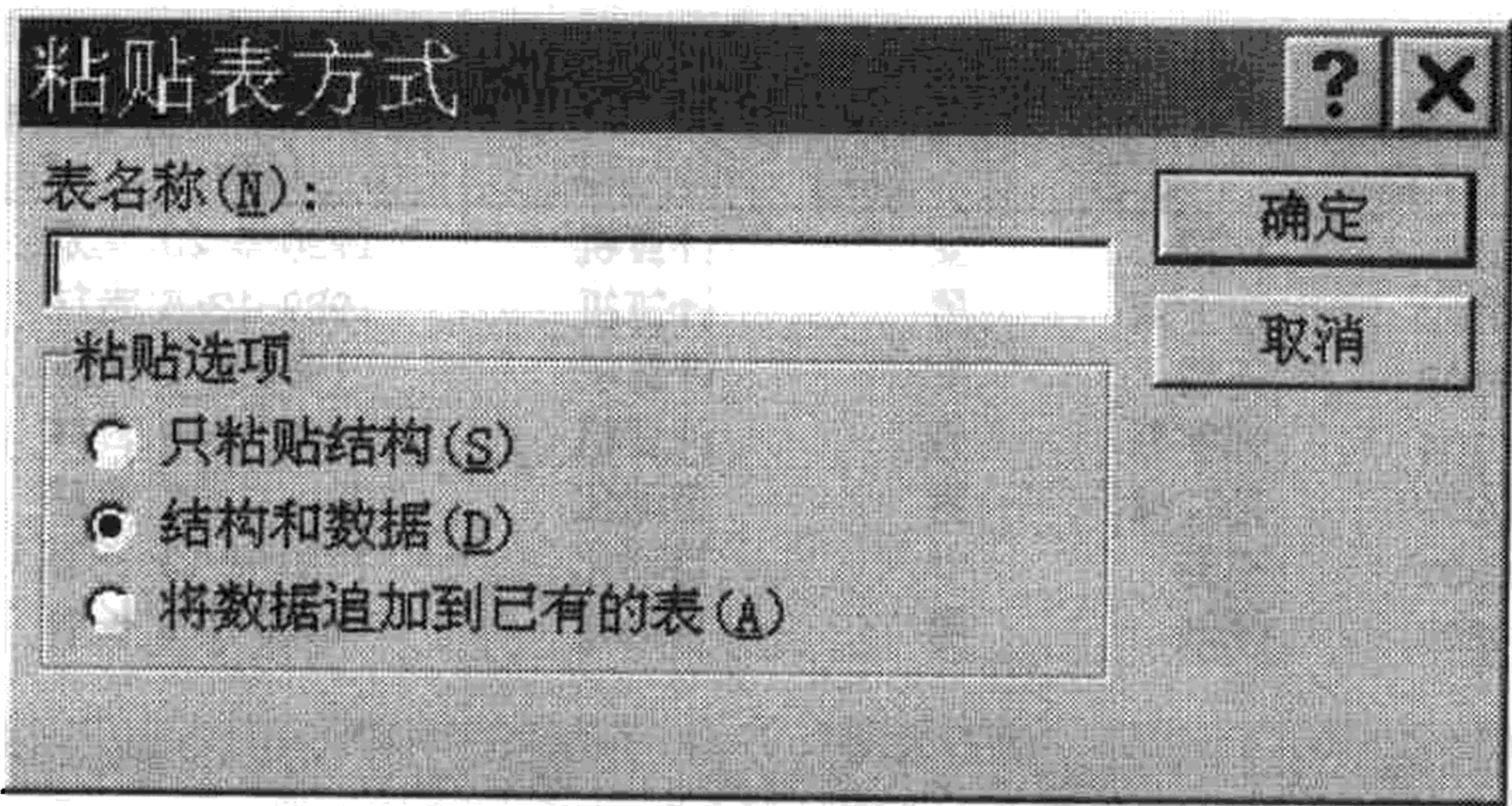


图 5.17 “粘贴表方式”对话框

在“设计”视图中可插入或删除字段。首先在数据库窗口中选择表，单击“设计”按钮进入设计视图。鼠标指向需要插入字段位置的“行选定器”（字段最左边的灰色方块标记），单击右键从弹出的快捷菜单中若执行“插入行”命令，此时将在当前行的上方插入一个空行，用户可以按前面介绍过的方法输入字段名、设置字段的属性。若要删除字段，则可选择“删除行”命令。在数据表视图中也可以插入、删除字段。

（3）更改字段名称、数据类型和大小。若要对表中的字段进行重命名，可以更改字段本身的名称，也可以更改字段的“标题”属性，以指定一个不同的显示名称。“标题”属性用于确定“数据表”视图中出现的字段名称。另外，它还是附加在窗体和报表中控件上的标签的默认文本。由“标题”属性指定的名称可以不同于字段本身的名称。

在希望列标题比实际字段名更长，或者更有利于说明的情况下，重命名是非常有用的。例如，可以将一个字段命名为 Myname 以便在 Microsoft Visual Basic for Applications（VBA）代码和表达式中使用，但将该字段的列标题显示为“姓名”。如果不为表中的字段指定标题，就会使用字段本身的名称。


更改字段名称时可以在数据表视图窗口中打开表，双击需要修改字段的“字段选定器”（数据表视图中显示字段名或标题的地方），输入新的字段名后按回车键即可。也可以在表设计视图中直接修改字段的名称或标题。

若要更改字段的数据类型或字段的大小，可以在设计视图中直接修改，与设置字段的数据类型和大小时的方法相同。

3. 表的使用

建立数据库的目的就是存储数据以备查看或使用。查看数据最简单的方法就是直接打开数据库中的表进行查看。在数据表中的操作，包括查看数据、修改数据、修改表的外观以及排序或查找数据。

（1）添加、修改或删除数据。在数据表中修改数据的操作包括添加新记录、修改记录和删除记录。

1) 添加新记录：在数据表视图中打开表，单击窗口下方工具栏中的“新记录”按钮 , 光标将自动切换到最后一条新记录处，录入新数据。

2) 修改数据：在数据表视图中打开表，通过滚动条或“记录选择器”中的按钮选择记录或直接在记录选择器输入框中输入记录号后按回车键，使需要修改的记录显示在屏幕上，将光标移到需要修改的字段。用户可根据需要直接输入或编辑需要修改的数据。

3) 删除记录：在欲删除记录所在行最左边的“行选定器”处单击右键，在弹出的快捷菜单中执行“删除记录”命令。注意，删除数据时可能需要同时删除其他表中的相关数据。



(2) 排序记录。对数据表进行排序的最简单的方法是使用工具栏中的“升序”或“降序”按钮,实施递增或递减方式的排序。操作时首先将光标移到排序依据字段,若需要对多个字段进行排序,应选中排序依据的多个字段,然后单击“升序”或“降序”按钮即可。

### 5.2.5 查询

使用查询可以按照不同的方式查看、更改和分析数据。一个数据库中可以有多个表,一个表中可以有很多字段,当想取得一个或多个表中某些所关心字段的内容时,利用查询功能可以方便地完成。查询的结果还可以作为数据源生成报表、窗体或其他查询。查询还可以对数据进行分析 and 汇总,如统计、求平均数等。

在 Access 中,根据对数据源操作方式和结果的不同,查询可分为 5 种:选择查询、参数查询、交叉表查询、操作查询和 SQL 查询。其中最常用的是选择查询。用户可以用查询向导创建查询,在 Access 2003 中提供了 4 种基本查询向导:

(1) 简单查询向导:可以生成一个或几个表的选择查询。产生的查询可以进行简单选择或进行计算和、求平均值、计数和其他累计等操作。




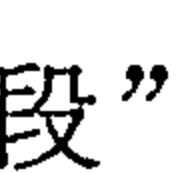
(2) 交叉表查询向导:生成一个表或查询的交叉标签。

(3) 查找重复项查询向导:查找一个表或查询中的重复记录。

(4) 查找不匹配项查询向导:在一个表中寻找和另一个表中记录无相关联系的记录。

下面以“学生基本情况”表和“选修”表创建学生基本情况与学生选课情况关联的选择查询为例,介绍“简单查询向导”的使用方法。其操作步骤如下:

(1) 首先打开包含“学生基本情况”、“课程”和“选修”表的数据库,单击数据库窗口对象列表中的“查询”,然后单击工具栏中的“新建”按钮,在打开的如图 5.18(a)所示的“新建查询”对话框中,选择“简单查询向导”,单击“确定”按钮,进入简单查询向导。

(2) 在打开的如图 5.18(b)所示的对话框中,确定所使用的表/查询和查询字段。在“表/查询”下拉列表框中,选择用于查询的表或查询,在“可用字段”列表框中显示的是用于查询的表中的字段。通过单击  按钮将选中的“可选字段”加入到“选定的字段”中。单击  按钮将全部字段加入到“选定的字段”中。单击  按钮将选中的字段从“选定的字段”中清除。单击  按钮将所有字段从“选定的字段”中清除。使用上述 4 个按钮,依次从两个表中分别选择出需要出现在查询中的字段,加入到“选定的字段”中。单击“下一步”按钮,弹出的对话框如图 5.18(c)所示。

(3) 在图 5.18(d)所示的对话框中,选择查询是“明细”的还是“汇总”的。若选择了汇总查询可单击“汇总”单选按钮,本例选择“明细”,最后需要在图 5.18(e)所示的对话框中,设置查询名称及下面进行的工作是“打开查询查看信息”,还是“修改查询设计”。单击“完成”按钮结束查询的创建。“简单查询向导”创建查询的结果如图 5.19 所示。

### 5.2.6 窗体

窗体是一种主要用于在数据库中输入和显示数据的数据库对象,它是用户与数据库之间的桥梁,它可以向用户提供一个交互式的图形界面,用于数据的输入、显示、编辑以及控制应用程序的运行。在窗体中,可以放置控件,如文本框、命令按钮、标签、复选框、列表框、选项卡、图像控件等,用于执行操作,或在控件中输入、显示和编辑数据。



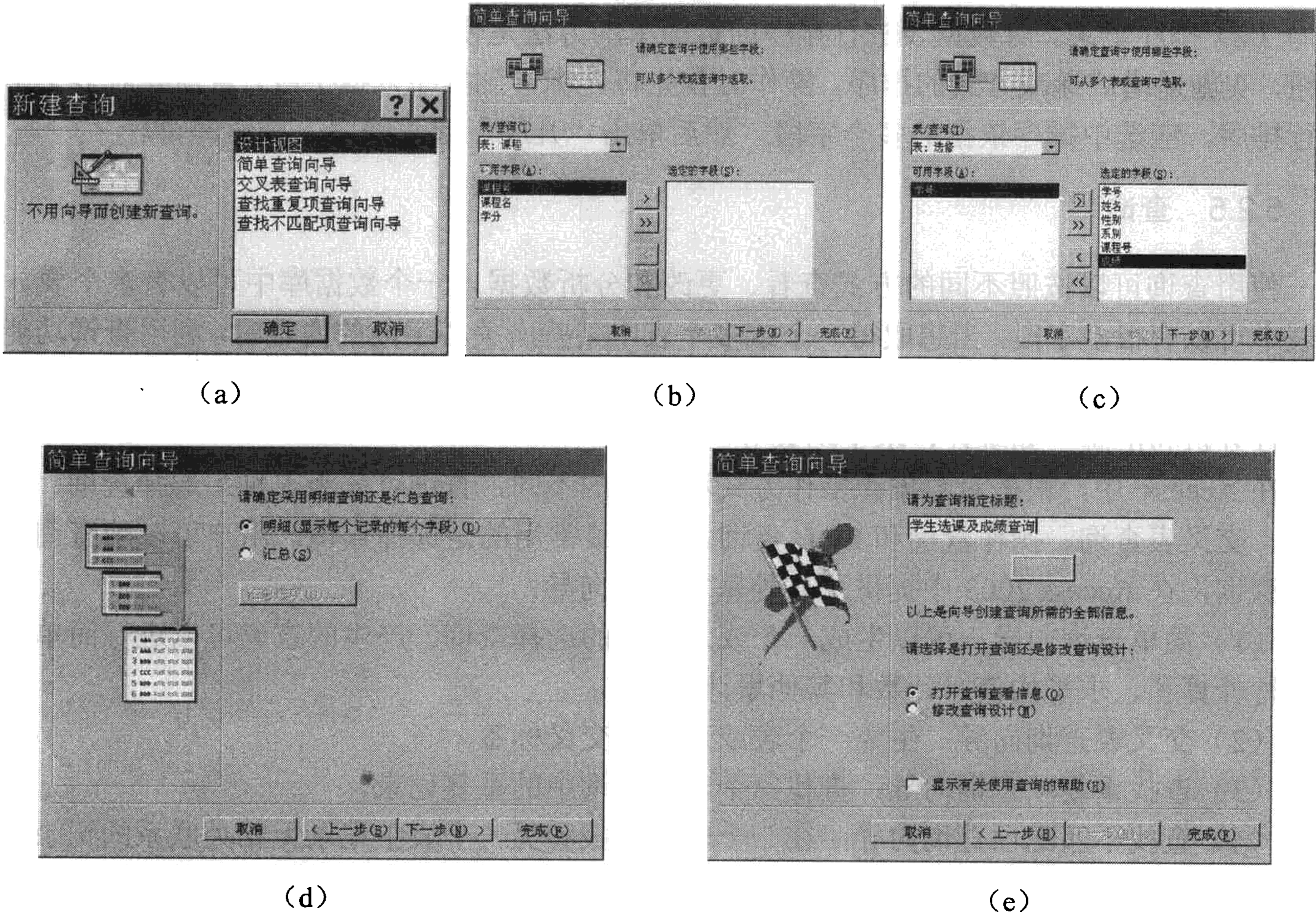


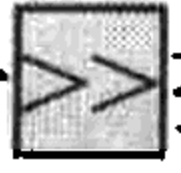
图 5.18 使用简单查询向导创建查询

学号	姓名	性别	系别	课程名	学分	成绩
010101	刘颖	女	计算机	高等数学	3	89
010101	刘颖	女	计算机	操作系统	5	70
020301	孙林峰	男	自动化	高等数学	3	85
020301	孙林峰	男	自动化	大学外语	4	70
010103	王雪	女	计算机	微机原理	4	78

记录: 1 共有记录数: 5

图 5.19 “简单查询向导”创建查询的结果

在 Access 中，可以使用“自动窗体”或“窗体向导”来创建基于指定数据源的窗体，然后在窗体设计窗口中进行修改和完善，以便快速地创建具有专业水准的窗体。使用向导创建窗体，向导会提示有关记录源、字段、布局以及需要的格式，用户可以根据指示创建专业而实用的窗体。下面以“学生基本情况”表建立窗体为例来说明使用向导创建窗体的一般步骤：

- (1) 打开数据库，在数据库窗口对象列表中选择“窗体”，双击“使用向导创建窗体”选项。
- (2) 在打开的如图 5.20（a）所示的“窗体向导”对话框的“表 / 查询（T）”下拉列表框中选择需要的表，如“学生基本情况”，将表或查询中的字段，从“可用字段”列表框中挑选到“选定的字段”列表中。单击按钮将所有“可用字段”全部加入“选定的字段”，单击“下一步”按钮。
- (3) 打开如图 5.20（b）所示的“请确定窗体使用的布局”对话框，从中选择窗体的布局样式，本例选择了“两端对齐”样式，单击“下一步”按钮。



(4) 在打开如图 5.20 (c) 所示的“请确定所用样式”对话框中选择窗体样式，本例中选择缺省的“标准”样式，然后单击“下一步”按钮。

(5) 在打开的“请为窗体指定标题”对话框中为新建窗体命名，并选择下面是“打开窗体查看或输入信息 (Q)”还是进入窗体设计视图“修改窗体设计 (M)”，本例选择了前者，最后单击“完成”按钮，退出窗体向导，如图 5.20 (d) 所示。新建的窗体视图如图 5.20 (e) 所示。

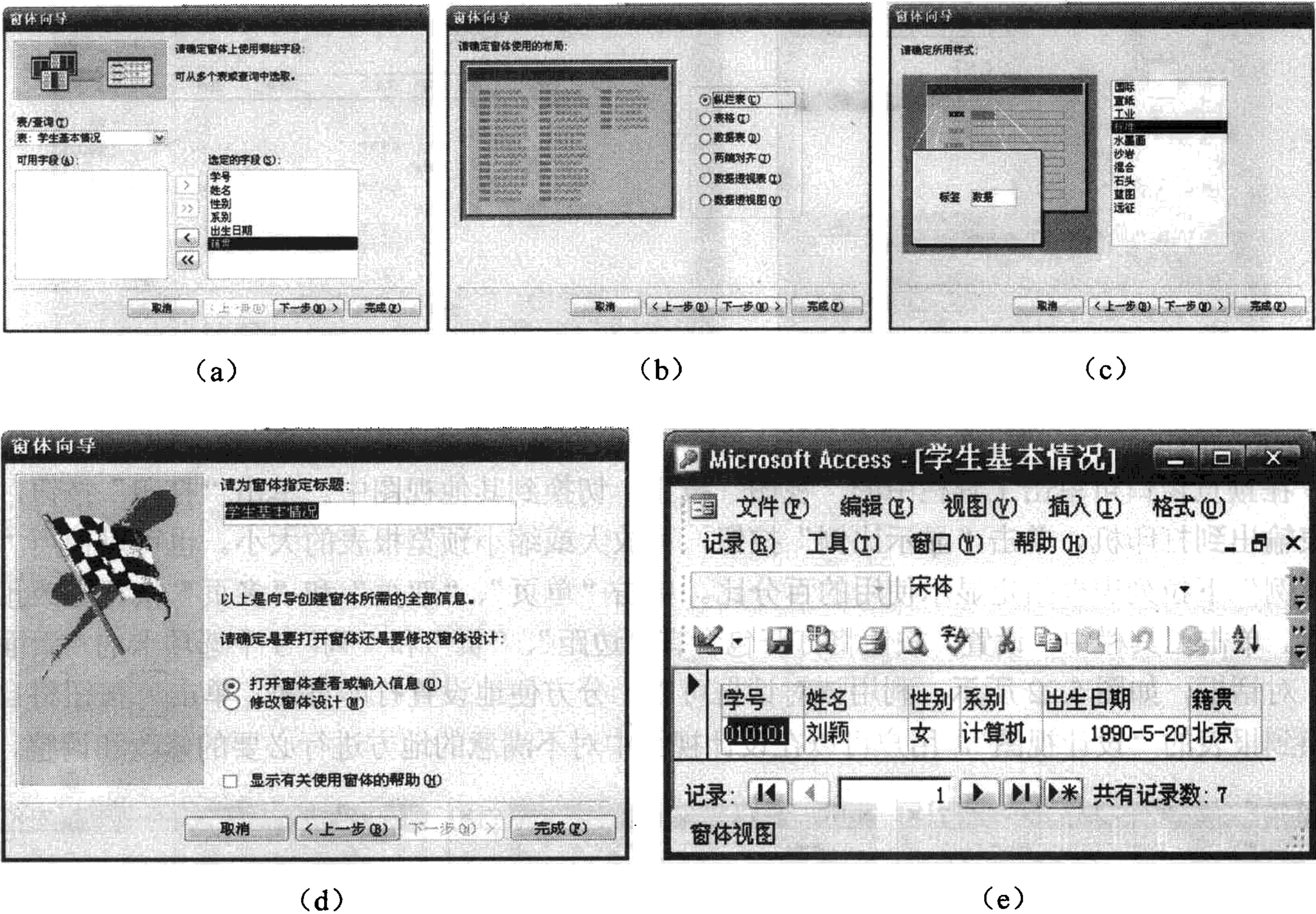


图 5.20 使用向导创建窗体

5.2.7 报表

报表是以打印格式展示数据的一种有效方式，它既可以输出到屏幕上，又可以传送到打印机上。因为用户控制了报表上每个对象的大小和外观，所以可以按照所需的方式显示和查看信息。与窗体类似，报表也使用控件这种图形化的对象来创建报表与其记录源之间的链接。报表的记录源来自于基础表或查询。报表有 3 种视图方式：“设计视图”、“打印预览”和“版面视图”。使用“设计视图”可以创建报表或更改已有的报表结构。使用“打印预览”可以在打印之前查看将在报表中显示的数据。使用“版面视图”可以查看报表的版面设置，其中只包含报表中数据的示例。

1. 使用“自动报表”创建报表

自动报表能够创建显示基础表或查询中的所有字段和记录的报表。下面以创建基于“学生选课及成绩查询”的报表为例说明其一般操作方法。



打开包含数据源的数据库，在数据库窗口对象列表中选择“报表”，然后单击工具栏中的“新建”按钮。在如图 5.21（a）所示的“新建报表”对话框中选择“自动创建报表：纵栏式”或“自动创建报表：表格式”，（本例选择了“表格式”），选择数据源为“学生选课及成绩查询”，单击“确定”按钮。此时将自动切换到“预览”视图中，显示的报表如图 5.21（b）所示。

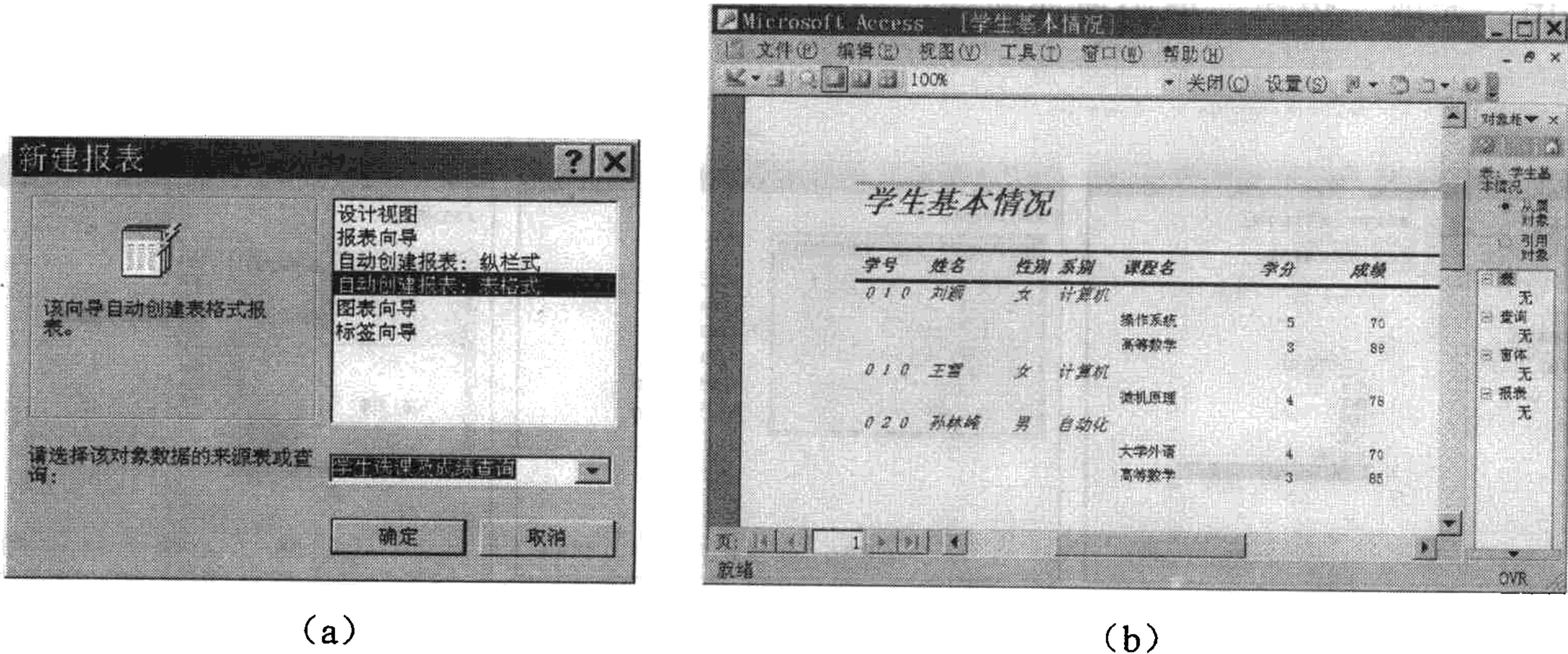


图 5.21 “新建报表”对话框及“预览”视图中显示的报表

在预览窗口可单击工具栏中的“视图”按钮，切换到其他视图中。单击“打印”按钮，将报表输出到打印机。单击“显示比例”按钮，可放大或缩小预览报表的大小。也可以使用“显示比例”下拉列表框指定显示使用的百分比。单击“单页”、“双页”和“多页”按钮更改预览方式。单击工具栏中“设置”按钮将打开包含有“边距”、“页”和“列”3个选项卡的“页面设置”对话框，如图 5.22 所示。利用该对话框可以十分方便地设置打印页面。单击 按钮将自动切换到报表的“设计视图”，用户可以在设计视图对不满意的地方进行必要的修改和调整。

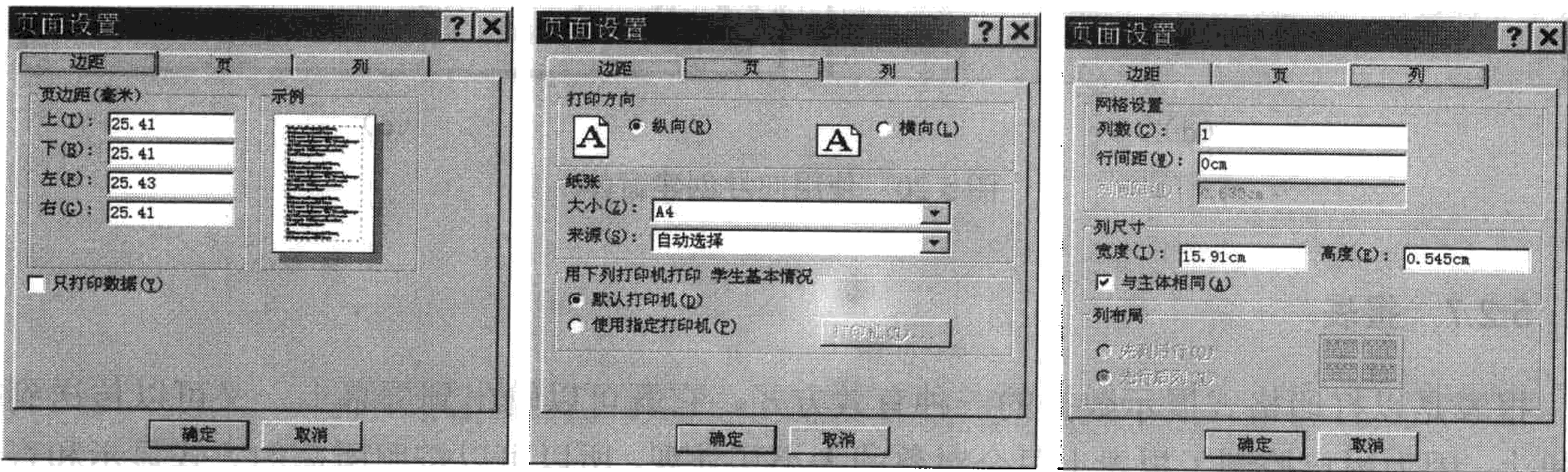



图 5.22 “页面设置”对话框

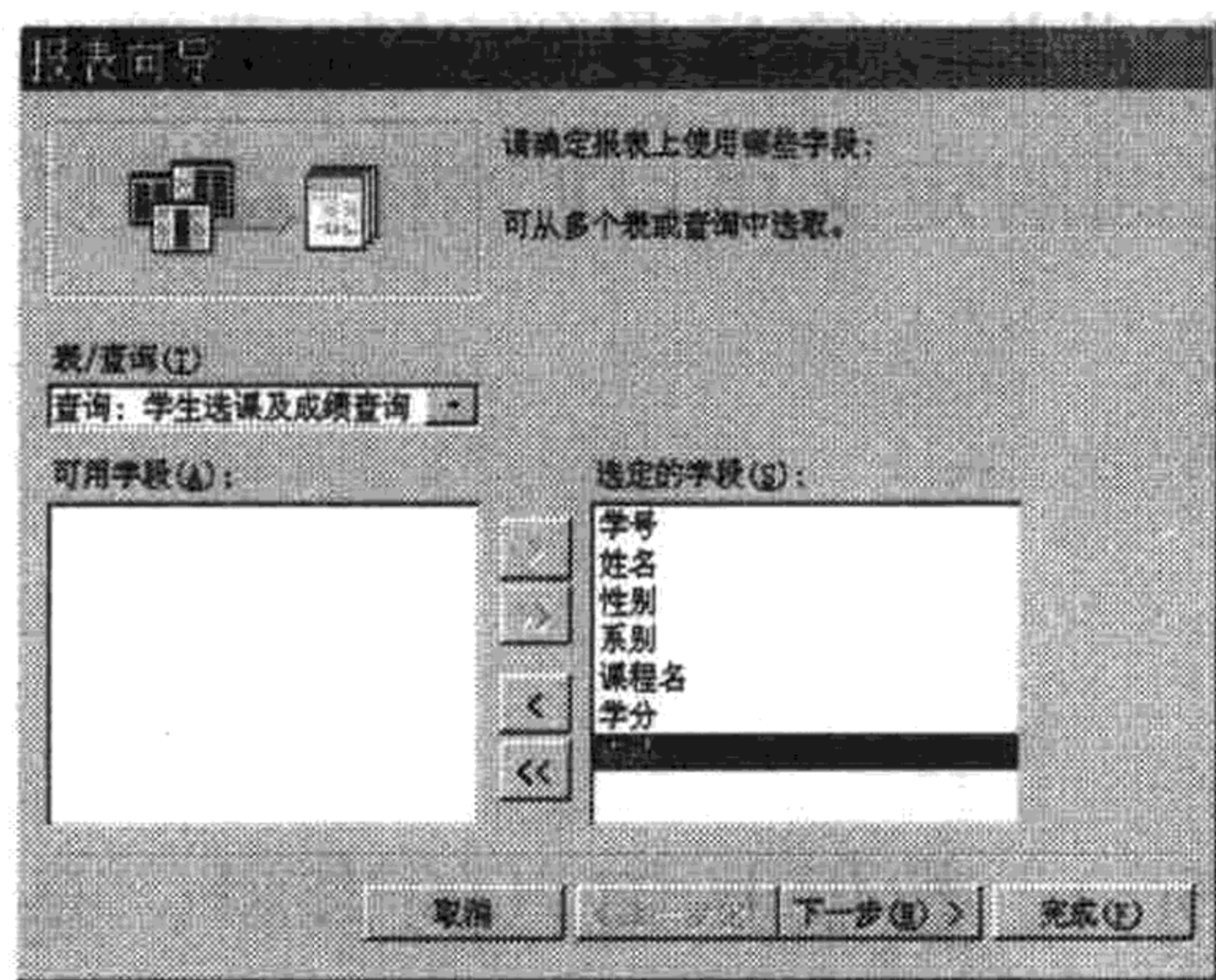
2. 使用向导创建报表

向导将提示输入或选择有关记录源、字段、版面以及格式等信息，并根据用户的回答创建报表。下面仍以创建基于“学生选课及成绩查询”的报表为例，说明其操作方法。

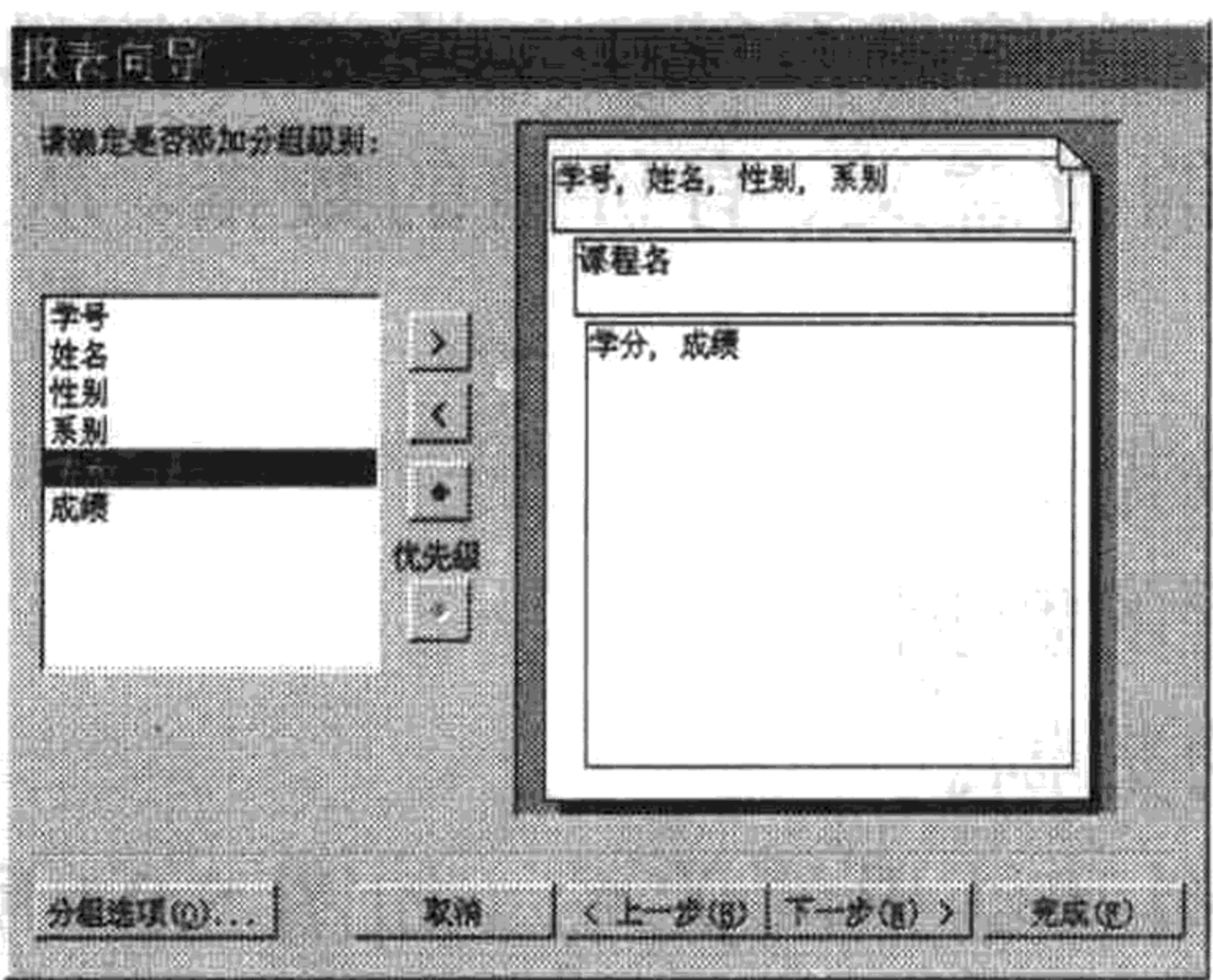
打开包含数据源的数据库，在数据库窗口对象列表中选择“报表”，然后单击工具栏中的“新建”按钮。在如图 5.21 所示的“新建报表”对话框中选择“报表向导”，并选择数据源为“学生选课及成绩查询”，单击“确定”按钮。也可以直接双击数据库窗口中的“使用向导创建报表”选项启动如图 5.23 所示的报表向导。



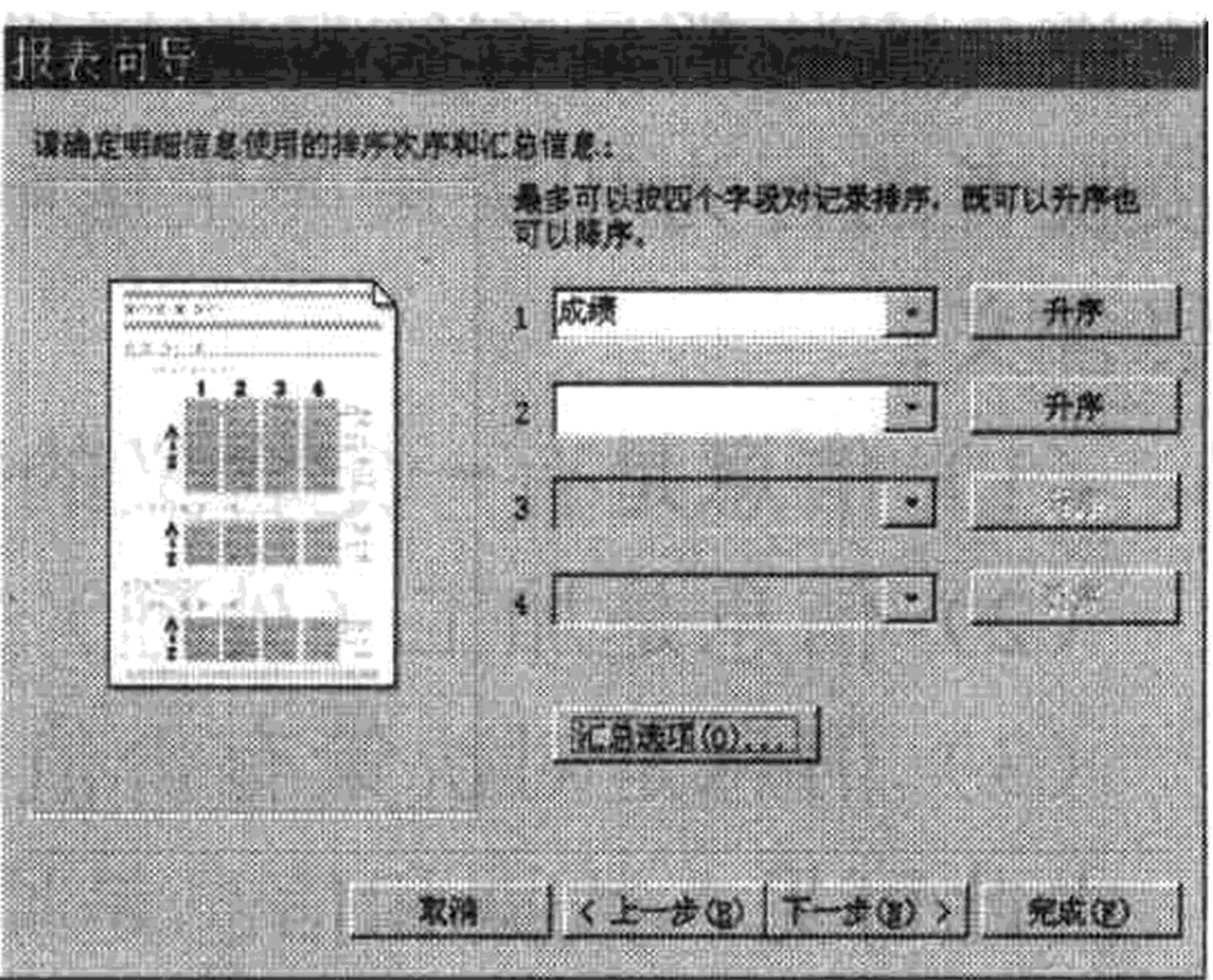
在指定数据源后，单击图 5.23 (a) 中的  按钮，将所有“可用字段”添加到“选定的字段”中，单击“下一步”按钮。在图 5.23 (b) 所示的对话框中指定是否需要设置分组及分组字段。本例选择了“课程名”为分组字段，单击“下一步”按钮。在图 5.23 (c) 所示的对话框中指定“排序次序”和“汇总”信息；本例选择报表按“成绩”字段升序排列。单击对话框中的“汇总”单选按钮，在打开的如图 5.23 (d) 所示的对话框中指定汇总值为“成绩”和“成绩”的平均值。单击“确定”按钮返回图 5.23 (c) 所示的对话框，单击“下一步”按钮。在图 5.23 (e) 所示的对话框中指定报表的布局格式，本例选择“布局”为“左对齐 (I)”（选择布局方式后可立即在预览区中看到该方式的大概样式），打印方向选择了“横向 (L)”。单击“下一步”按钮。在图 5.23 (f) 所示的对话框中指定所用样式，本例选择了默认样式“正式”，单击“下一步”按钮。在图 5.23 (g) 所示的对话框中输入报表的名称，并选择下面是进入设计视图“修改报表设计”还是“预览报表”。本例选择了“预览报表”，单击“完成”按钮。如图 5.23 (h) 所示是显示在预览视图中的报表外观。



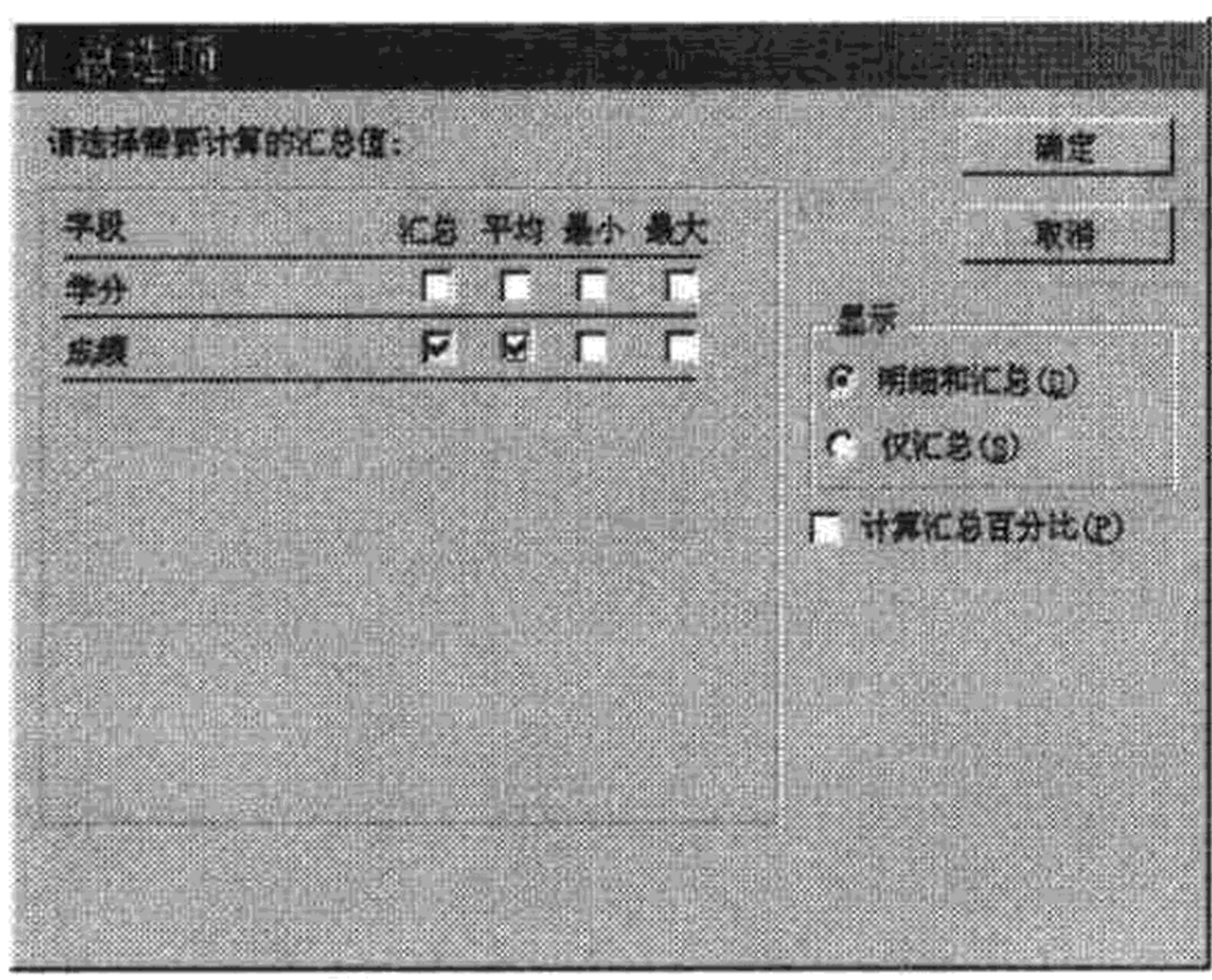
(a)



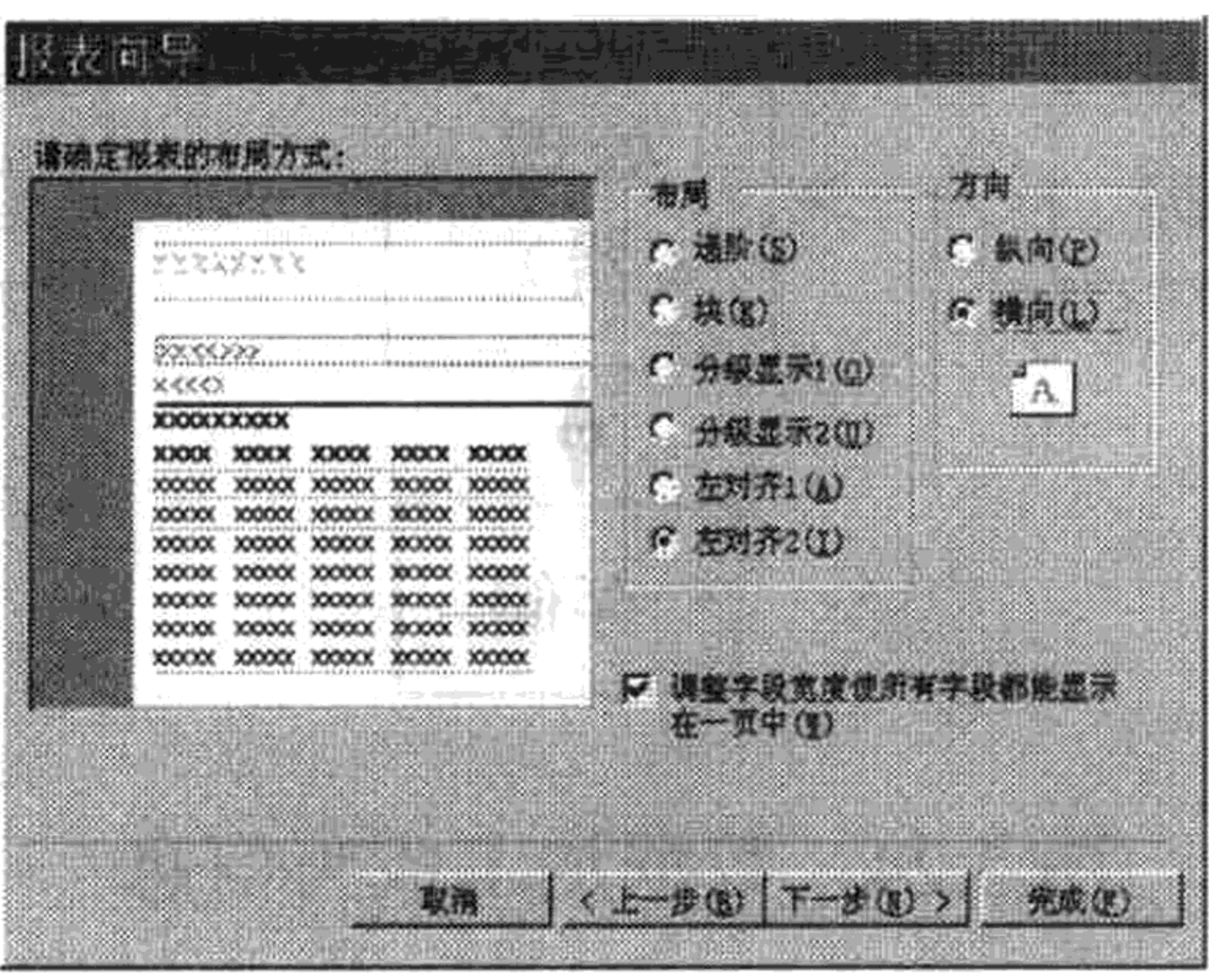
(b)



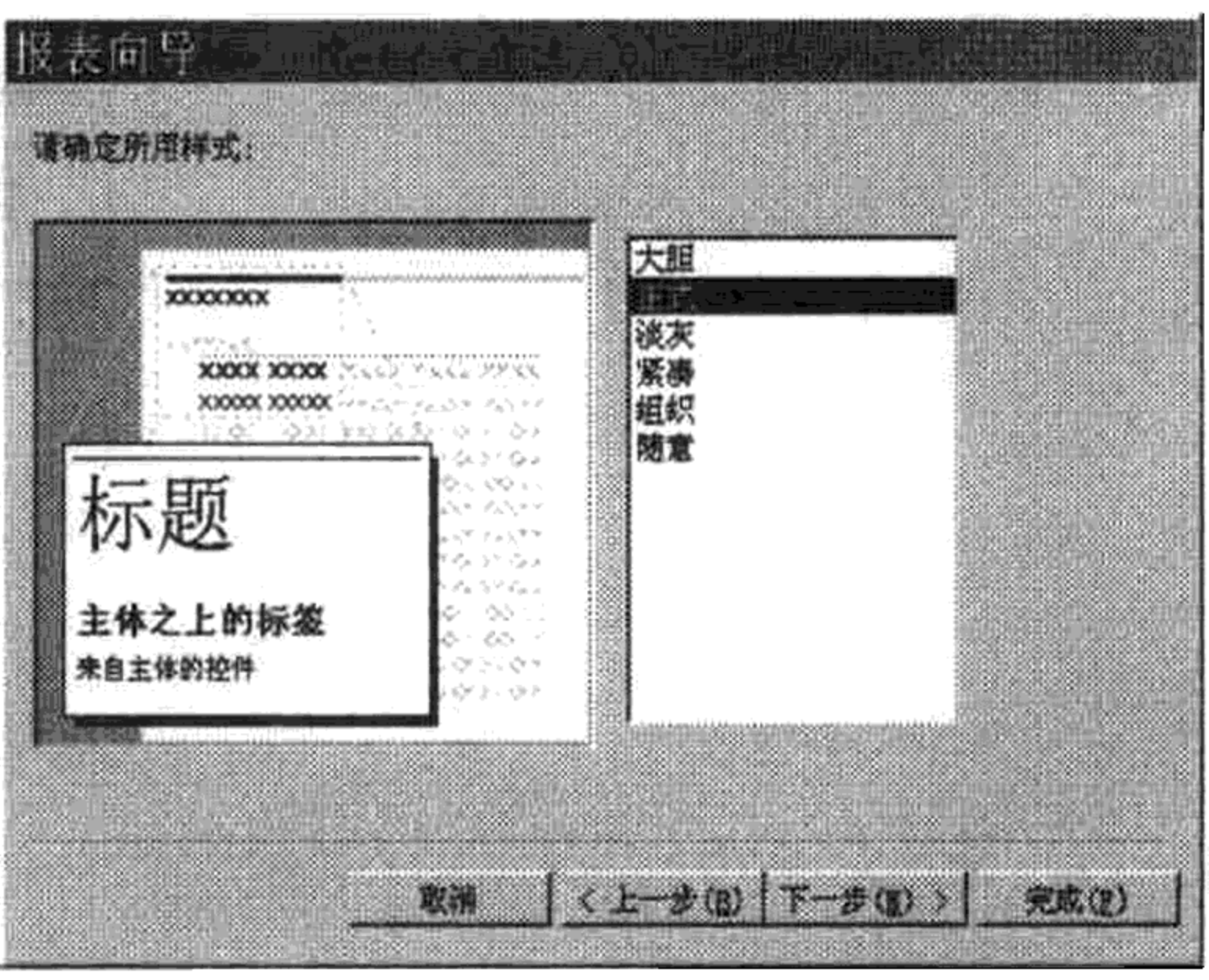
(c)



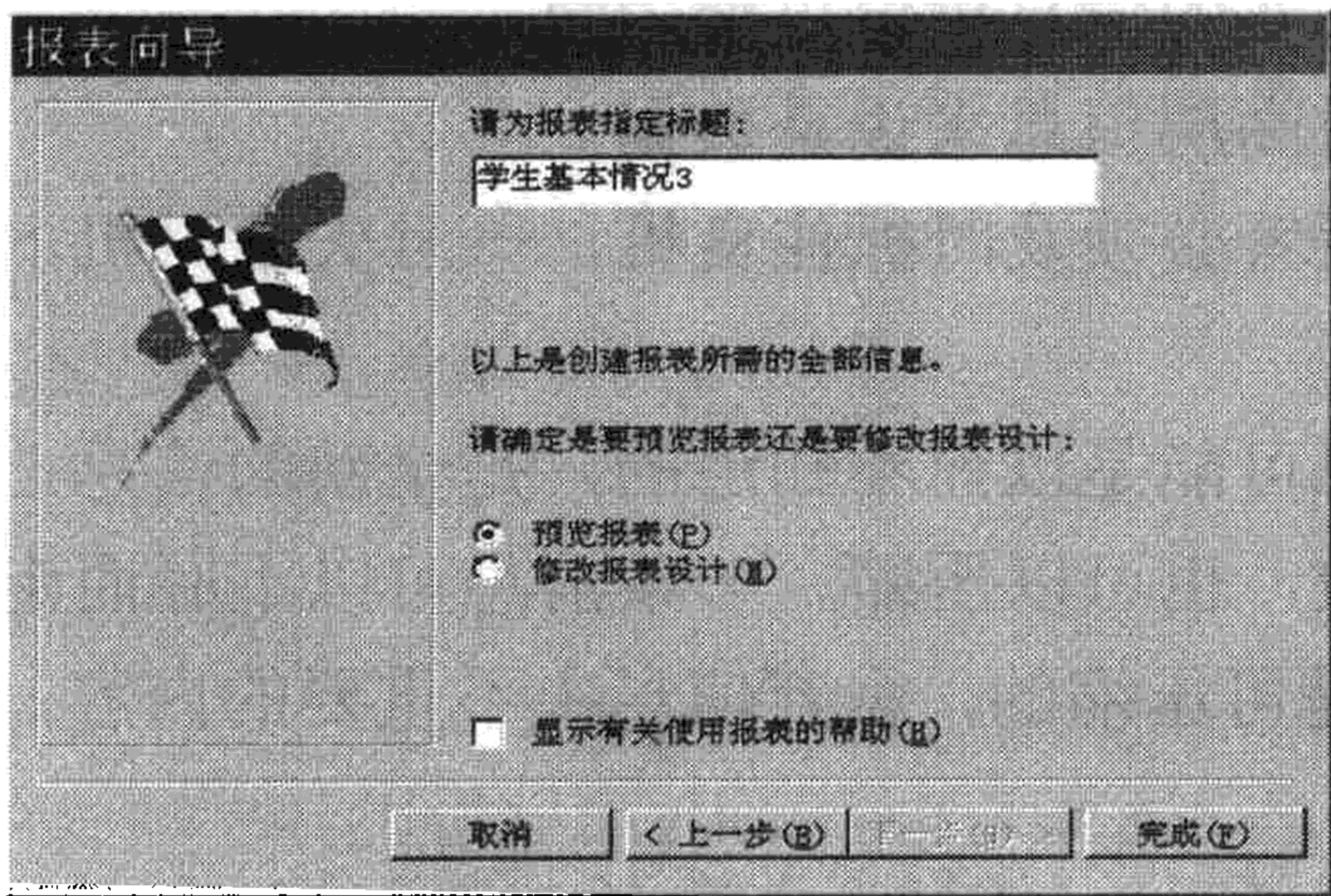
(d)



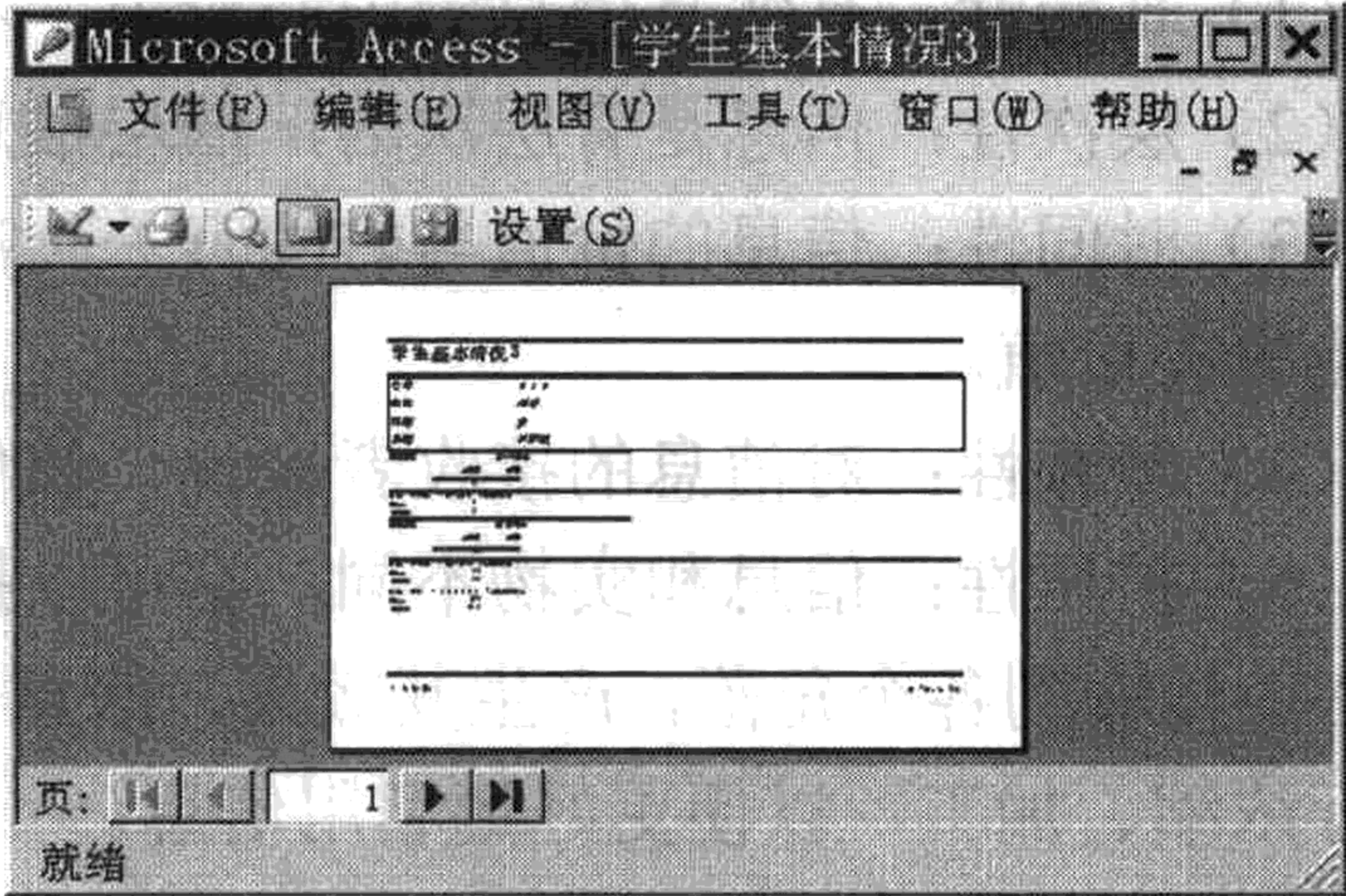
(e)



(f)



(g)



(h)

图 5.23 利用向导创建报表



### 5.3 信息系统的基本概念

当今信息化社会中的关键技术是信息技术（Information Technology, IT），而信息系统在信息技术中占有重要的地位，它是数据库技术最直接的应用领域，在现代社会里，信息系统可谓无处不在。在银行自动取款机前，我们插入取款卡，输入密码，就可以方便地取出银行中的存款；在超市里顾客买完商品后，收款员使用手持扫描仪在商品上贴有条形码的地方轻轻一扫，商品的名称、单价就被输入到计算机中，既迅速又准确。信息系统不仅为人们提供了快捷、方便的工作和生活环境，同样为社会创造了巨大的财富。

#### 5.3.1 信息及其属性

谈到“信息”一词，人们往往会联想到各种各样的情报、资料、图表、消息和新闻等。应该说，这些都具有信息的属性。在信息系统中，通常将信息定义为：信息是经过加工的，能对接收者的行为和决策产生影响的有意义、有价值的信息。从上面的定义可以归纳信息有以下几层含义：

- （1）信息是有一定含义的数据。
- （2）信息是加工（处理）后的数据。
- （3）信息是对决策有价值的信息。

由此可见，数据和信息是原料和结果的关系（如图 5.24 所示），数据是信息的素材，是信息的载体，而信息则是对数据进行处理后的结果。在信息系统中，最重要的成分是信息。

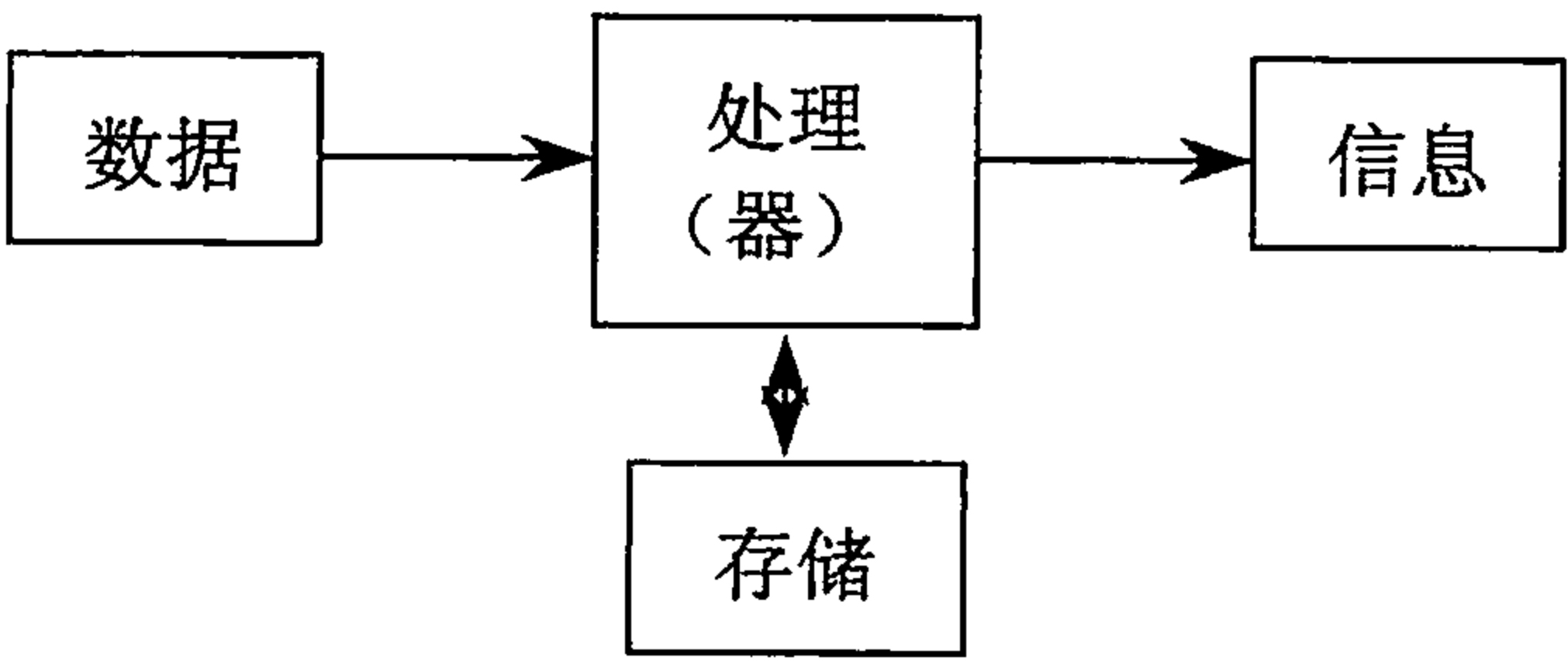


图 5.24 数据加工成为信息

信息具有如下属性：

- （1）真伪性：真实是信息的中心价值，不真实的信息价值可能为负。
- （2）层次性：信息是有层次的，低层信息对高层信息来说是数据。
- （3）时间性：信息的价值与时间有关。决策者必须及时抓住良机，一旦失去时机，信息就可能失去价值。
- （4）新颖性：对信息的接收者来说，该信息可能是以前不知道的，是全新的信息。
- （5）扩压性：信息和实物不同，它可以扩散，也可以压缩。一条消息可以不胫而走，很快渗入、传输到各个角落，产生其效果。信息也是可压缩的，舍弃信息中不重要的内容，对信息进行浓缩、加工，以便更好地利用信息。
- （6）共享性：信息可以被人们所共享。

### 5.3.2 信息系统

#### 1. 信息系统的定义

由于现代的信息系统都是利用计算机系统来实现的，因此，所谓信息系统一般都是指计算机信息系统。

信息系统（Information System, IS）是一个由人员、活动、数据、网络和技术等要素组成的集成系统，其目的是对组织的业务数据进行收集、存储、处理和交换，以支持和改善组织的日常业务运作，满足管理人员解决问题和制定决策对信息的各种需求。

（1）人员：主要指系统用户和系统开发人员。用户是系统的直接使用并受益者，开发人员是系统的设计、开发和维护者。

（2）活动：定义信息系统的功能，它包括业务活动和信息系统活动。

（3）数据：数据是信息系统的原材料，包括业务数据、属性、规则等。

（4）网络：是实现信息传输和共享的重要手段，包括计算机硬件、软件、通信线路和网络设备。

（5）技术：即信息技术，包括传感技术、通信技术和计算机技术。传感技术主要包括信息识别、信息获取、信息变换以及某些信息处理技术。通信技术主要包括信息的检测、变换、处理、传递、存储以及控制和调节技术。计算机技术主要包括信息加工、存储、检索、分析、描述等。

#### 2. 信息系统的信息处理

为了满足管理者的需求，信息系统需要完成大量的信息处理工作。虽然各种类型的信息系统在具体内容和侧重点上有很大差别，但是基本都包括信息的收集、传输、加工、存储、维护以及使用等处理过程。

（1）信息收集。信息收集是指原始信息的获取。原始信息的质量直接影响到信息的有效利用，为了保证原始信息的质量，在收集时，第一必须明确信息收集的目的，目的不同，收集信息的对象和内容就不同；第二必须明确信息收集的内容，应该收集最能说明问题和反映事物本质的信息；第三需要规定信息收集的程度和精度。

（2）信息传输。信息只有及时准确地传送到需要者手中，才能发挥作用。所谓及时准确实际是信息传输的效率问题，为了确保信息的传输效率，要作到：第一，建立大容量的信息通道；第二，规定合理的信息流程，不同部门、不同层次在管理活动中对信息的需求不同，应避免将信息传送到不相干的部门；第三，减少信息传递的环节，信息传递的环节越多，信息在传输中失真也越大。

（3）信息加工。信息加工就是对收集来的信息进行去伪存真、去粗取精、由表及里的加工过程。原始数据尽管是事物本质特性的真实反映，但其初始表现形式常常比较混沌、面目不清，对管理者来讲只是“初级产品”，需要通过筛选、分类、排序、比较、计算等综合成“高级产品”。实际上，就是将信息系统化、条理化，提高信息的真实性、可靠性和清晰度。因此，信息加工过程，一方面是对原始信息的价值进行鉴别，另一方面也是为信息的适用性进行提纯，使之反映的问题更具深度和广度。

（4）信息存储。信息存储是将信息保存起来，以备将来应用。信息存储也属信息的积累，这在管理活动中是十分重要的。信息存储的概念与数据存储不尽相同，信息存储要强调为什么



要存储这些信息，以什么方式存储这些信息，存在什么介质上，存储多长时间，将来有什么用处，对决策可能产生的效果是什么等。

（5）信息维护。信息维护的概念是保证信息处于适用状态，这就要求信息经常更新，保持数据的准确性，做好安全保密工作，使数据保持唯一性。此外还要保证信息存取方便。

（6）信息使用。信息使用包括两个方面：一是技术方面，二是如何实现价值转换方面。技术方面主要解决的问题是如何高速度高质量地把信息提供到使用者手边。现代技术可以说已相当先进，例如，信息的提供已由过去的定期报告，发展到现在的实时检索，提供信息的形式已由单纯的报告和报表，扩展到图形、图像和声音等。人机对话方式使得非专业人员可以直接和机器打交道。信息价值转换问题相对还较落后。价值转化是信息使用概念上的深化、内容使用深度上的提高，大体可分为3个阶段：提高效率阶段、及时转化价值阶段和寻找机会阶段。

### 3. 信息系统应用领域

生产经营企业、国家行政管理机关、科技、教育、文化、卫生组织是信息系统最广泛和最活跃的应用领域。信息系统在这些不同领域中，由于其发展水平、应用环境及系统目标的差异而有所不同。企业中最常用的信息系统有事务处理系统、管理信息系统和决策支持系统；学校、科研机构、医院是人工智能和专家系统的主要应用领域；办公自动化系统的应用大大提高了国家机关的办公效率；国际互联网（Internet）和电子商务系统改变了企业的传统经营方式以及人们的工作和生活习惯。信息系统正在改变着整个世界。

## 5.4 常用信息系统简介

在信息系统的发展过程中，先后出现了事务处理系统、管理信息系统、决策支持系统、办公自动化系统、专家系统等。

### 5.4.1 事物处理系统

事务是指在一个企业、社会服务性行业中日常发生的业务处理活动。例如，银行每天的存款、取款业务；企业中每月的工资计算和发放业务等。这类业务的特点是处理流程比较稳定，不经常变化；业务的处理量较大，准确性要求较高。在手工信息处理阶段，由于人们自身客观条件的限制，那时的事务处理效率低下。随着计算机的应用引入到社会各行各业，企业、社会服务性行业的事务活动逐渐被计算机上的处理所取代。

事务处理系统（Transaction Processing System, TPS）是指利用计算机对企业、社会服务性行业中的具体业务进行处理的信息系统。它又被称为电子数据处理系统，是最早使用的计算机信息系统。它的任务就是将手工信息处理过程计算机化，以计算机、网络为基础对组织中的各种业务活动进行采集、存储、传送、检索、分类、统计、汇总、输出等。TPS主要是面向企业中的普通职员，而非管理层人员。例如，企业中销售、库存、人事、财会等业务的处理系统，社会服务业中的银行、保险、医院、酒店、宾馆、邮局等的业务处理系统，均属于事务处理系统。

### 5.4.2 管理信息系统

管理信息系统（Management Information System, MIS）是一个由人和计算机组成的，具

有数据处理、预测、计划、控制和辅助决策功能的信息系统。

#### 1. 管理信息系统的特征

(1) 管理信息系统面向组织内各层次的人员,包括基层生产与操作人员、中层管理人员和高层领导人员。

(2) 管理信息系统以提高组织整体的经营效益为目标。

(3) 管理信息系统是由多个子系统构成的集成化人一机系统。

#### 2. 管理信息系统的基本功能

(1) 数据处理。包括数据收集、输入、传输、存储、加工和输出。

(2) 计划功能。根据组织的目标和环境条件,合理地安排各职能部门的计划,按照不同的管理层,提供相应的计划报告。

(3) 控制功能。根据各职能部门提供的数据,对计划的执行情况进行监测、检查、比较执行与计划的差异、对差异情况分析其原因,辅助管理人员及时以各种方法加以控制。

(4) 预测功能。运用现代数学方法、统计方法和模拟方法,对企业效益、市场的变化情况、各种计划完成的可能性做出预先的判断。

(5) 辅助决策。采用各种数学模型,根据存储在计算机中的大量数据,为决策人提供可靠的决策信息和决策方案。

### 5.4.3 决策支持系统

决策支持系统(Decision Support System, DSS)是一种交互式的计算机系统,用于帮助决策者使用其数据及模型来解决非结构化或半结构化问题的决策。决策支持系统主要用于支持高级管理人员进行战略规划和客观决策。

#### 1. 决策支持系统的主要特征

(1) 数据、模型和分析技术是 DSS 的主要资源。

(2) DSS 主要用于解决半结构化及非结构化的决策。

(3) DSS 是用来支持人作决策而不是代替人作决策。

(4) DSS 的目的在于提高决策的有效性而不是提高决策的效率。

所谓非结构化决策是指决策过程是非常规的,不存在标准的、固定的解法,也无法用确定的算法来描述。如果一个决策过程中的一部分决策阶段是结构化的,而另一部分决策阶段是非结构化的,那么称该决策过程为半结构化的决策。

#### 2. 决策支持系统的构成及主要功能

决策支持系统是由多个子系统组成的集成系统,一般都包括以下几个子系统:

(1) 数据库管理子系统。数据库中存放决策支持所需要的数据。该子系统具有对数据库进行维护、控制和管理的功能,并能按用户要求快速选择和抽取数据。

(2) 模型库管理子系统。模型库中存放各种通用的决策模型和能够适用于部分决策类型的特殊模型,该子系统能够提供非结构化的建模语言,具有对模型库进行维护以及模型的调用控制与校核等功能。

(3) 方法库管理子系统。方法库存放实现各类模型的求解方法和最优化算法。该子系统具有对方法库进行维护以及方法调用的控制与校核等功能。

(4) 知识库管理子系统。知识库中存放有经验的决策者的决策知识和推理规则,该子系



统不仅能够对知识库进行维护，而且将知识库与推理机制相结合组成专家系统，从而使决策支持系统具有更强的决策支持能力。

（5）会话管理子系统。包括交互式驱动的操作方式、提供非过程语言以及用户接口，为用户提供一个良好的人—机交互界面。

5.4.4 办公自动化系统

办公室是现代组织中重要的信息处理场所，办公自动化系统（Office Automation System, OAS）是用信息技术来提高办公室工作的效率，对办公室工作人员进行支持的系统。根据现代办公业务的需求，OAS 应具有以下几方面的基本功能：

（1）数据处理功能：办公人员在他的办公室里可以通过终端或微型计算机对所需要的各种形式的数据资料进行各种运算、管理和操作。

（2）文字处理功能：能迅速处理各类办公文件和报告，并具备输入、编辑、修改、排版、打印、复制等功能。

（3）报表处理功能：能收集各类报表，在加以处理后产生新的报表。

（4）语音处理功能：能对电话、会议发言等语音进行识别、处理、存储、输出等。

（5）图像处理功能：输入、产生、存储、处理和输出有关的图像处理资料，进行传真，召开远程电子会议等。

（6）网络化功能：将多个信息处理设备连接成网络，提高信息处理能力和传输功能，达到资源的充分共享。

5.4.5 专家系统

专家系统（Expert System, ES）是依据知识规则、运用推理法则来解决某类问题的信息系统，其特点是能对复杂情况做出诊断，能处理不确定状况，并能对方案做出解释。它是人工智能发展的一个重要分支。

专家系统与用户进行“咨询对话”，对于用户而言，就像他在与某些方面有经验的专家进行对话一样。目前的专家系统，在咨询任务（如医疗诊断、地质数据分析等）方面，其质量已达到较高的水平。

专家系统的基本结构如图 5.25 所示。

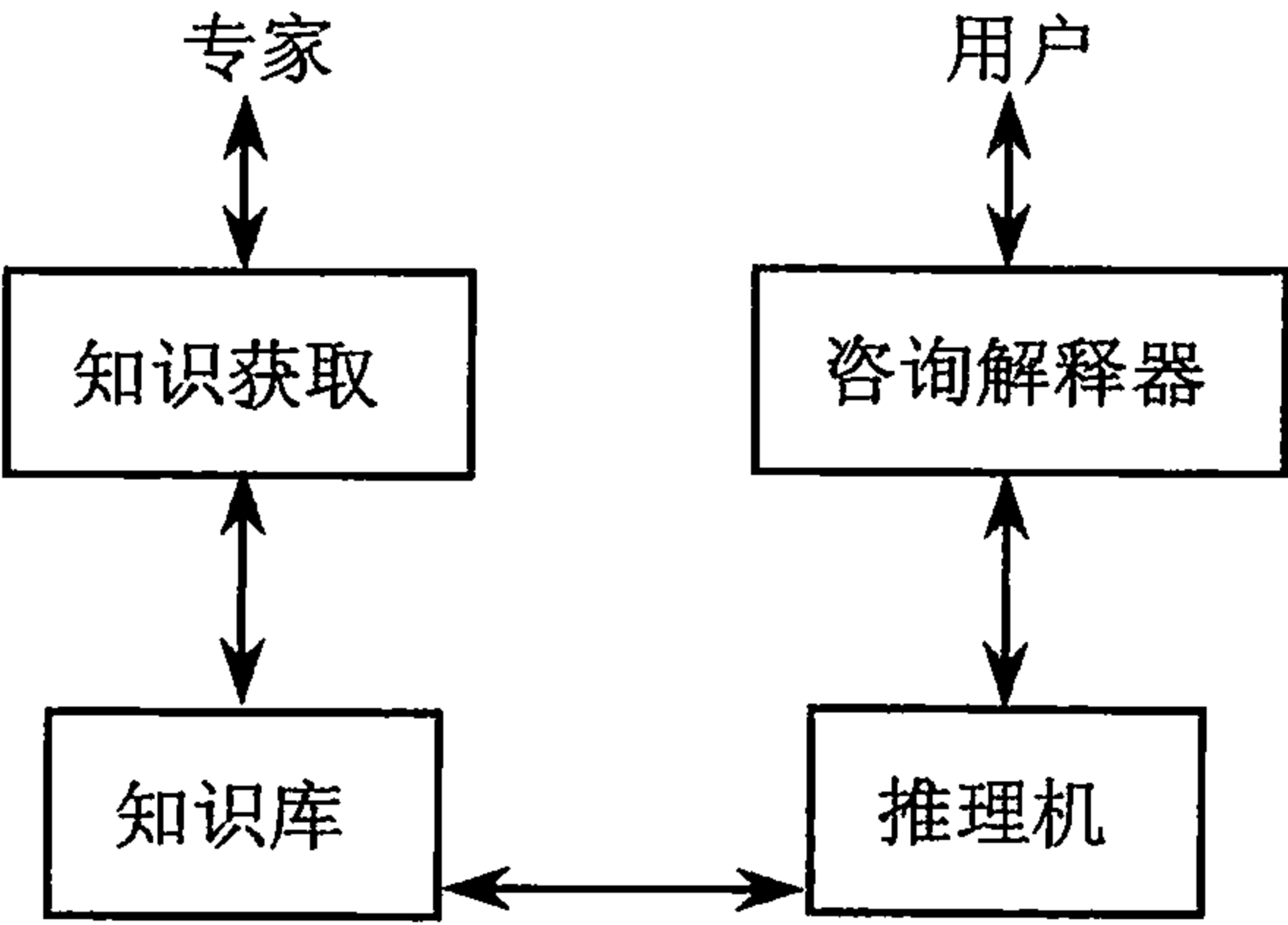


图 5.25 专家系统的基本结构

### 1. 知识库

知识库（包括知识库及管理系统）用于存取和管理所获取的专家知识和经验，供推理机使用，具有知识存储、检索、编排、增删、修改和扩充等功能。

### 2. 推理机

推理机（包括推理机及其控制系统）利用知识进行推理，求解专门问题，具有启发推理、算法推理、正向，反向混合推理、并行或串行推理等功能。

### 3. 咨询解释器

咨询解释器的主要功能是接受用户的问题并进行理解，向用户输出推理结果并进行解释。

### 4. 知识获取

知识获取，即从人类专家那儿获得知识并存储到知识库中。

## 5.5 数据库系统与技术的展望

数据库技术经过了 40 余年的研究和发展，已具备了较完整的理论体系和实用技术。随着数据库系统应用领域的不断扩大，数据库技术也得到了极大的发展。当前数据库技术的发展呈现出与多学科知识相结合的趋势，数据库领域的新内容、新应用、新技术层出不穷。下面简单介绍几种新一代数据库系统的基本概念和当前数据库技术的几个热门研究方向。

### 5.5.1 新一代数据库系统

数据库技术与其他学科的内容相结合，是新一代数据库技术的一个显著特征。在结合中涌现出各种新型的数据库，例如：

- (1) 采用面向对象模型的数据库与面向对象技术相结合，出现了面向对象数据库。
- (2) 数据库技术与分布式处理技术相结合，出现了分布式数据库。
- (3) 数据库技术与并行处理技术相结合，出现了并行数据库。
- (4) 数据库技术与人工智能相结合，出现了演绎数据库、知识库和主动数据库。
- (5) 数据库技术与多媒体处理技术相结合，出现了多媒体数据库。
- (6) 数据库技术与模糊技术相结合，出现了模糊数据库等。

#### 1. 面向对象数据库系统

面向对象数据库支持面向对象数据模型，面向对象数据库系统（Object Oriented DataBase System）是一个持久的、可共享的对象库的存储和管理者，而一个对象库是由一个面向对象模型所定义的对象集合体。它是数据库技术与面向对象程序设计方法相结合的产物。

面向对象数据库系统的研究目前主要是沿着 3 条路线展开的：一条是扩展关系数据模型，形成对象—关系数据库；一条是在面向对象程序设计语言中嵌入数据库功能而形成面向对象数据库；一条是开发全新的数据模型从底层实现面向对象数据库系统。

#### 2. 分布式数据库系统

分布式数据库系统（Distributed DataBase System）是集中式数据库技术与计算机网络技术相结合的产物。一个分布式数据库是物理上分散在计算机网络各结点上，但逻辑上属于同一系统的数据集合。它具有数据分布性（数据库中的数据不是存储在同一计算机的存储设备上）和逻辑整体性（这些数据逻辑上相互联系，是一个整体）。负责分布式数据库的建立、查询、更



新、复制、管理和维护的软件称为分布式数据库管理系统。一个计算机网络组成的计算机系统，在配置了分布式数据库管理系统，并在其上建立了分布式数据库和相应的应用程序后，就称其为分布式数据库系统。分布式数据库系统具有分布性、统一性、透明性等特点。在当今网络化的时代，分布式数据库技术有着广阔的应用前景。

### 5.5.2 数据库新技术

#### 1. 数据仓库

数据仓库（Data Warehouse, DW）是近年来迅速发展起来的一种数据库新技术，数据仓库与数据库只有一字之差，从中文字面上看似乎是一个概念，但实际不然，数据仓库是一种为决策支持（或数据分析）提供的数据库支持工具与技术，而传统数据库技术是为事务处理、操作处理提供数据库支持的工具和技术。

数据仓库是支持管理决策过程的、面向主题的、集成的、稳定的、随时间而增长的持久的数据集合。它的主要设计思想是将分析决策所需的大量数据从传统的操作环境中分离出来，把分散的、难以访问的操作数据转换成集中统一的、随时可用的信息而建立的一种数据库存储环境。数据仓库是为决策支持服务的，是决策支持系统的基础。数据仓库的建立能充分利用已有的数据资源，把数据转换为信息，从中挖掘出知识、提炼成智慧，最终创造出效益，所以越来越多的企业开始认识到数据仓库应用所带来的好处，它的应用将越来越广，其研究也将越来越深入。

#### 2. 数据挖掘

随着数据库技术和 Internet 技术的发展，人们积累的数据越来越多，数据库规模日益扩大，数据资源日益丰富。但数据资源中蕴涵的知识未能得到充分的挖掘和利用，“数据丰富而知识贫乏”的现象十分严重。数据挖掘正是在这样的应用需求背景下产生并发展起来的新兴数据库技术。

数据挖掘（Data Mining, DM）是将数据库理论、人工智能、统计学等技术相结合，从大规模的数据库中提取蕴涵的、有价值的信息或发现未知的、可以理解的知识，用于决策支持或预测未来。数据挖掘以数据库中的数据为数据源，整个过程可分为数据集成、数据选择、预处理、数据开采、结果表达和解析 5 个过程。挖掘的范围可针对多媒体数据库、数据仓库、Web 数据库、主动数据库等。采用的技术有人工神经网络、决策树、遗传算法、规则归纳、模式识别、不确定性处理等，发现的知识有广义型知识、特征型知识、预测型知识等。

#### 3. Web 数据库

随着 World Wide Web（WWW）的迅速发展，WWW 上的可用数据源的数量也在迅速增长，使人们可以通过网络获得大量信息。人们正试图把 WWW 上的数据源集成为一个完整的 Web 数据库。其中 Web 是 World Wide Web 的简称。Web 中信息构成的基本单位是网页。从数据管理角度看，Web 具有如下特点：开放性、无集中控制与管理、自由的搜索机制。

Web 数据库是数据库技术与 Web 技术相结合的产物。Web 和数据库的结合源于二者各自的优势和缺陷，Web 上的数据的特点是量大型多，但组织管理不足，数据库系统的数据组织管理成熟，但数据有限而且不够灵活。

把建立在 Web 上的数据库称为 Web 数据库，Web 数据库在 Web 环境下可以自由运行。

所谓的 Web 环境就是在网络环境下设置两个接口：网上应用与数据的接口；互联网上的 Web 与数据库的接口。

Web 数据库的结构一般采用三层结构方式：第一层是浏览器层，它由客户机上的浏览器组成；第二层是应用服务器层，该层由 Web 服务器与应用服务器两部分组成，第三层是数据库服务器层。Web 数据库是目前构建互联网应用的有效方法。

思考题与习题

- 1. 试述数据库、数据库系统、数据库管理系统的概念。
- 2. 数据的独立性的含义是什么？
- 3. 简述数据库管理员的职责。
- 4. 试述数据库系统的组成内容。
- 5. 什么叫数据模型？它分哪几种类型？
- 6. 在关系模型中，关系应具有哪些性质？
- 7. 在关系数据库中，关系操作应满足哪 3 种完整性约束条件？其中哪几种约束条件是关系型数据库系统自动支持的完整性约束条件？
- 8. 试述数据库系统三级模式结构，这种结构的优点是什么？
- 9. 为了开发一个图书管理系统，需创建和设计图书数据库，其中含：“图书表”和“借阅表”，表结构如表 5.4 和表 5.5 所示，使用 Access 2003 创建此数据库及相关表，并向表中输入数据。

表 5.4 图书表

字段名	数据类型	字段长度
书号	文本	15
图书编号	文本	8
书名	文本	30
作者	文本	30
出版日期	日期/时间	(缺省)
馆藏量	数字	整型
类别	文本	6

表 5.5 借阅表

字段名	数据类型	字段长度
借书证号	文本	12
借阅者姓名	文本	8
书号	文本	15
借书日期	日期/时间	(缺省)
还书日期	日期/时间	(缺省)
罚款额	数字	整型

- 10. 在上述图书管理系统中，设计并创建相关的查询，查询借书情况。
- 11. 在上述图书管理系统中，设计并创建相关的报表，输出借书情况。
- 12. 在上述图书管理系统中，设计并创建相关的窗体。
- 13. 通过 Access 2003 联机帮助或参考 Access 2003 数据库的有关书籍，通过上机实践进一步学习 Access 2003 数据库在本章未介绍的其他功能。
- 14. 什么是信息？信息具有哪些基本属性？
- 15. 什么是信息系统？它由哪些要素组成？



16. 常用的信息系统有哪几种？它们的主要功能是什么？
17. 管理信息系统的特征有哪些？
18. 什么是决策支持系统？决策支持系统一般由哪些子系统组成？它有哪些主要特征？
19. 什么是专家系统？它主要由哪几部分组成？
20. 什么是分布式数据库？它有哪些主要特点？
21. 什么是数据仓库？数据仓库与数据库有何区别？

## 第6章 多媒体技术

### 本章学习目标

多媒体技术是一门迅速发展的新兴技术，许多概念还在扩充、深入和更新。本章从基本内容出发，介绍多媒体技术的基本概念，包括媒体、多媒体、文本与超媒体等诸多概念；重点介绍多媒体技术中的音频技术、数字图像、数字视频、多媒体数据压缩等各种技术的特点；文件类型、格式等；多媒体创作工具及其应用。通过本章的学习，读者除了要全面掌握多媒体的相关概念之外，还应对多媒体的重点技术有所了解，并且应会使用相关的多媒体制作工具软件。在后继课程的学习中还要加深相关知识的学习。

以计算机为核心的技术革命把人类社会从依靠自然资源的工业时代推进到以信息、知识为重要资源的信息时代。而多媒体计算机技术又是20世纪90年代乃至21世纪初信息技术的重要发展方向之一，通过多种媒体获取、交换和传递信息，将成为最有效、最重要的手段和最方便的方式。普遍认为，多媒体技术的应用会像20世纪80年代的微型计算机一样改变21世纪的人与世界。

多媒体技术使计算机具有综合处理声音、文字、图像和视频信息的能力，它以丰富的声、文、图等媒体信息和友好的交互性，极大地改善了人机界面，改变了使用计算机的方式，为计算机进入人类生活和生产的各个领域打开了大门。因此，作为21世纪栋梁之才的当今大学生，有必要系统地学习和掌握多媒体知识和应用技术，提高计算机应用水平，具备计算机文化素质。

### 6.1 多媒体的概念

多媒体技术是近几年计算机与信息技术的应用领域，多媒体已成为一个流行的名词。许多人都十分关心多媒体技术的功能和发展，特别是注意到其市场潜力。但什么是多媒体？什么是多媒体技术？至今尚无人清楚地下一个非常准确、权威的定义，这也正反映了它日新月异的发展速度。由于多媒体的内涵太宽，应用领域太广，故其定义和界定范围理解只好“仁者见仁，智者见智”。许多热衷于多媒体技术的人士将“文字、图像、声音以及多种不同形式的表达方式涵盖为多媒体”。应该说，多媒体表现信息的多样性，早已有之。媒体原有两重含义：一是指存储信息的实体，如磁盘、光盘、磁带等；二是指传统信息的载体，如数字、文字、声音、图像等，故媒体是指人们日常所接触的信息的表示或传播的载体。英文 medium 一词为介质、中间之意，可理解为人与人赖以沟通的中介物。其表现形式为文字、图像、图形、动画、声音和影像等，并直接作用于人们的感官。而多媒体译自英文“multimedia”，该词由 multiple 和 media 复合而成，对应词是单媒体“monomedia”，因此从字面上看，多媒体是由单媒体复合而



成。人们将文本、音频、视频、图形、图像、动画的综合体称为“多媒体”。

### 6.1.1 什么叫媒体

上面已经提到媒体是指信息表示和传播的载体。例如，文字、声音、图像等都是媒体，它们向人们传递各种信息。在计算机领域，几种主要媒体的定义如下。

（1）感觉媒体：感觉媒体直接作用于人的感官，使人能直接产生感觉。例如，人类的各种语音、音乐、自然界的各种声音、图形、静止或运动的图像，计算机系统上的文件、数据和文字等。

（2）表示媒体：表示媒体是指各种编码，如语音编码、文本编码、图像编码等。这是为了加工、处理和传输感觉媒体而人为地进行研究、构造出来的一类媒体。

（3）表现媒体：表现媒体是感觉媒体与计算机之间的界面，如键盘、摄像机、光笔、话筒、显示器、喇叭、打印机等。

（4）存储媒体：存储媒体用于存放表示媒体，即存放感觉媒体数字化后的代码。存放代码的存储媒体有软盘、硬盘和 CD-ROM 等。

（5）传输媒体：传输媒体是用来将媒体从一处传到另一处的物理载体，如双绞线、同轴电缆、光纤等。

### 6.1.2 多媒体的基本概念

所谓“多媒体”（Multimedia）可简单地理解为：一种以交互方式将文本、图形、图像、音频、视频等多种媒体信息，经过计算机设备的获取、操作、编辑、存储等综合处理后，以单独或合成的形态表现出来的技术和方法。特别是，它将图形、图像和声音结合起来表达客观事物，在方式上非常生动、直观、易被人接受。

人们熟悉的报纸、杂志、电影、电视、广播等，都是以它们各自的媒体进行传播。有些是以文字作为媒体，有些是以声音作为媒体，有些是以图像作为媒体，有些是以图、文、声、像作为媒体。以电视为例，虽然它也是以图、文、声、像作为媒体，但它与多媒体系统存在明显的区别：第一，用电视观赏的全过程均是被动的，而多媒体系统为用户提供了交互特性，极大地调动了人的积极性和主动性。第二，人们过去熟悉的图、文、声、像等媒体几乎都是以模拟量进行存储和传播的，而多媒体是以数字量的形式进行存储和传播的。

多媒体具有多样化、交互性和集成性 3 个关键特性。多样化指的是信息媒体的多样化；交互性是指提供人们多种交互控制能力；集成性指的是不同媒体信息、不同视听设备及软、硬件的有机结合。多媒体以其丰富多彩的表现形式、高超的交互能力、高度的集成性、灵活多变的适应性得到了广泛的应用，并形成了新的行业。

多媒体技术具有以下一些特征：

（1）集成性。多媒体技术的集成性是指将多种媒体有机地组织在一起，共同表达一个完整的多媒体信息，使声、文、图、像一体化。

（2）交互性。交互性是指人和计算机能“对话”，以便进行人工干预控制。交互性是多媒体技术的关键特征。

（3）数字化。数字化是指多媒体中的各个单媒体都是以数字形式存放在计算机中。

（4）实时性。多媒体技术是多种媒体集成的技术，在这些媒体中，有些媒体（如声音和

图像)是与时间密切相关的,这就决定了多媒体技术必须要支持实时处理。

多媒体技术是基于计算机技术的综合技术,它包括数字信号处理技术、音频和视频技术,计算机硬件和软件技术、人工智能和模式识别技术、通信和图像技术等。它是正在处于发展过程中的一门跨学科的综合性高新技术。

6.1.3 多媒体计算机系统的层次结构

多媒体系统由多媒体硬件和软件系统组成。硬软件功能的划分及界面的确定正是计算机体系结构研究的内容之一。硬件具有原子性质,软件具有信息性质;硬件、软件在逻辑功能上具有等效性,在发展上具有同步性。多媒体系统的层次结构如图 6.1 所示。

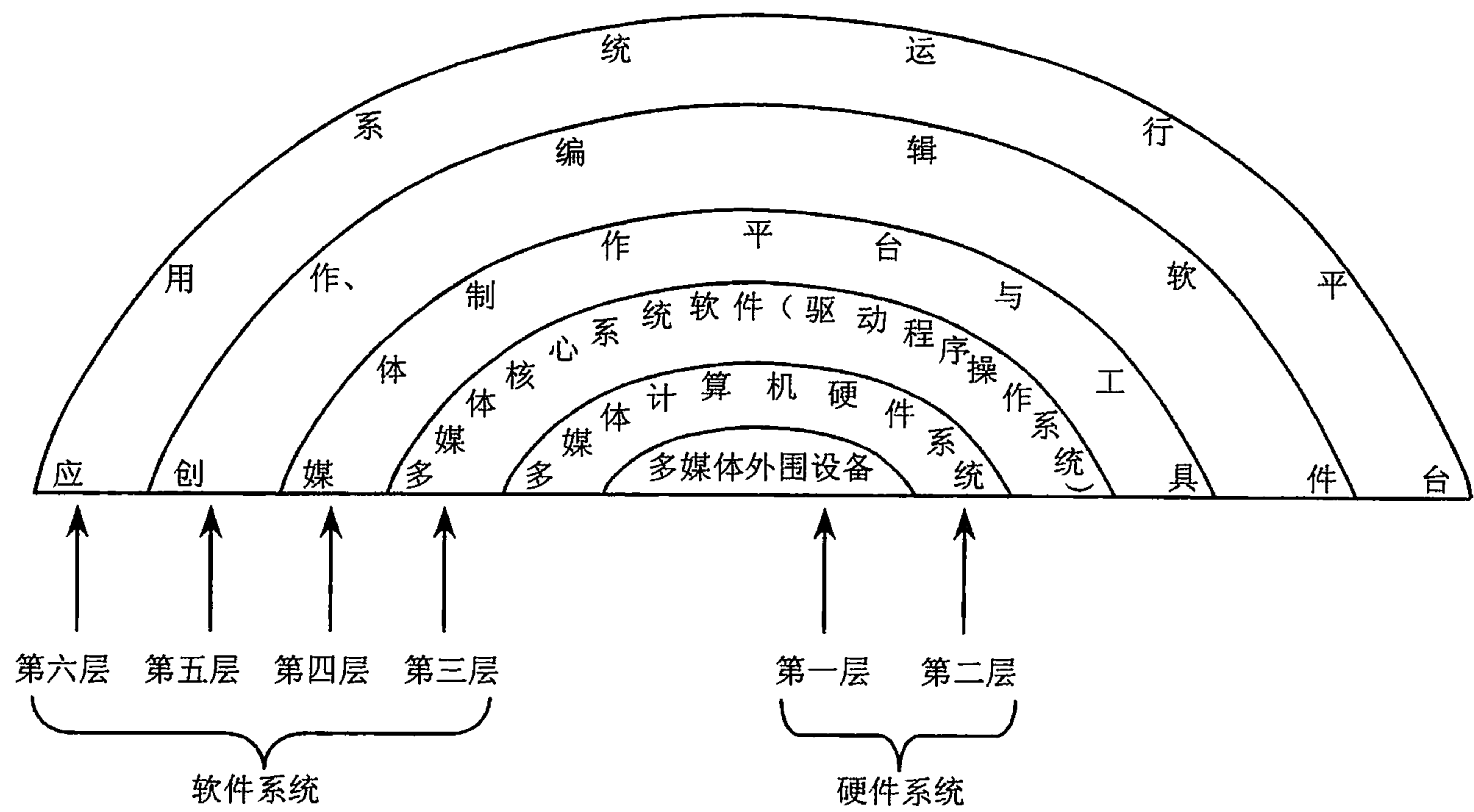


图 6.1 多媒体系统的层次结构

第一层 多媒体外围设备,包括各种媒体、视听输入/输出设备及网络。

第二层 多媒体计算机硬件主要配置与各种外部设备的控制接口卡,其中包括多媒体实时压缩和解压缩专用的电路卡。

第三层 多媒体驱动程序、操作系统。该层软件为系统核心软件,除了驱动、控制硬件设备外,还要提供输入输出控制界面程序,即 I/O 接口程序。而操作系统则提供对多媒体计算机的硬件、软件控制与管理。

第四层 媒体制作平台和媒体制作工具软件,支持应用开发人员创作多媒体应用软件。设计者利用该层提供的接口和工具采集、制作媒体数据。常用的有图像设计与编辑系统,二维、三维动画制作系统,声音采集与编辑系统等。

第五层 多媒体编辑与创作系统。该层是多媒体应用系统编辑制作的环境,根据所用工具的类型,有的是基于脚本语言及解释系统,有的是基于图标导向的编辑系统,有的是基于时间编辑导向的系统。通常除编辑功能外,不具有控制外设播放多媒体的功能。设计者可以利用这层的开发工具和编辑系统来创作各种教育、娱乐、商业等应用的多媒体节目。

第六层 多媒体应用系统的运行平台,即多媒体播放系统。该层可以在计算机上播放硬盘上的节目,也可以单独播放多媒体的产品,如消费性电子产品中的 CD-I 等。多媒体应用系



统放到存储介质中，如光盘，就可以成为多媒体产品，并可作为商品销售。

以上六层中，一、二层构成多媒体硬件系统，其余四层是软件系统。软件系统又包括系统软件（如操作系统）和应用软件。

6.1.4 多媒体计算机系统的基本组成

多媒体计算机系统是由复杂的硬件、软件有机结合的综合系统。它把音频、视频等媒体与计算机系统融合起来，并由计算机系统对各种媒体进行数字化处理。与计算机系统类似，多媒体计算机系统由多媒体硬件系统和多媒体软件系统组成。

1. 多媒体计算机硬件系统

构成多媒体计算机硬件系统除了需要较高配置的计算机主机硬件之外，通常还要音频、视频处理设备、光盘驱动器、各种媒体输入/输出设备等。由于多媒体计算机系统需要计算机交互式地综合处理声、文、图信息，不仅处理量大，处理速度要求也高，因此对多媒体计算机系统的要求比通常计算机系统更高。

通常对多媒体计算机基本硬件结构要求有功能强、速度高的主机，有足够大的存储空间（主存和辅存），有高分辨率的显示接口和设备。如图 6.2 所示为多媒体计算机硬件系统的基本组成。

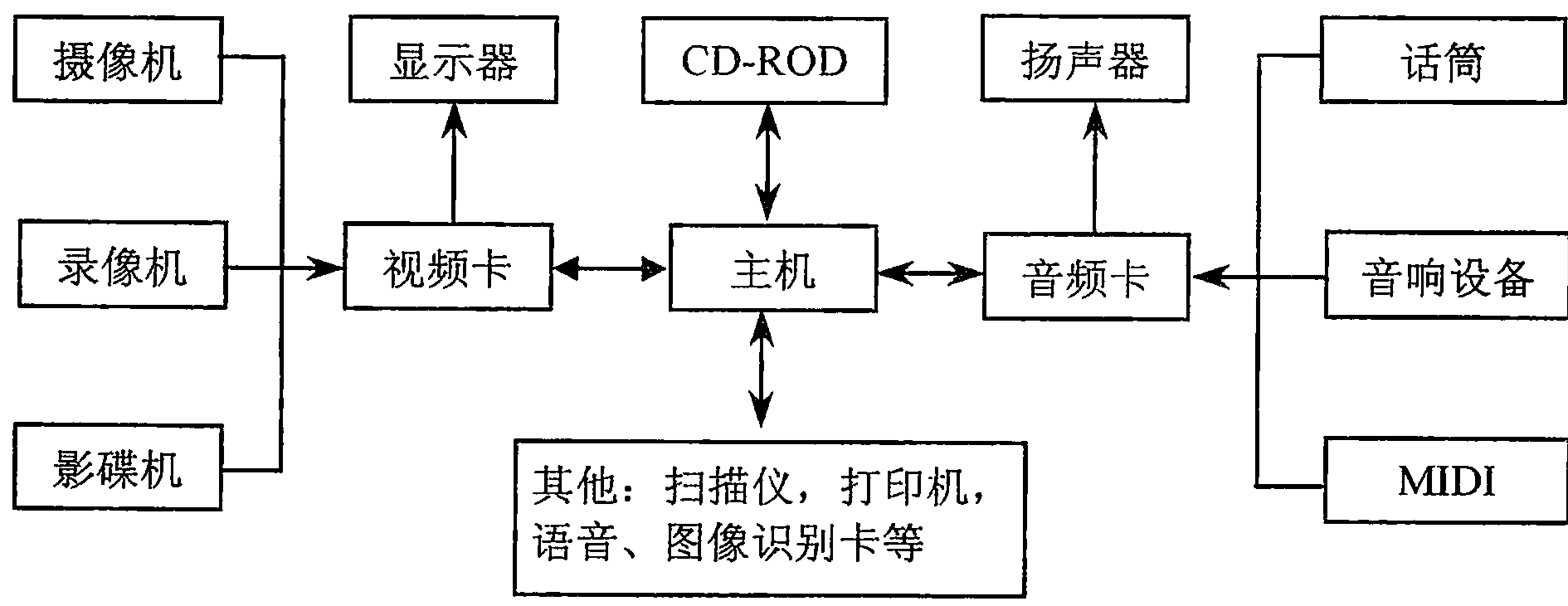


图 6.2 多媒体硬件系统的基本组成

(1) 主机。多媒体计算机主机可以是中、大型机，也可以是工作站，然而目前更普遍的是多媒体个人计算机，即 MPC (Multimedia Personal Computer)。MPC 是目前市场上最流行的多媒体计算机系统，通常可通过两种方式构成 MPC：一是厂家直接生产一体化的 MPC，二是在原有的 PC 机上增加多媒体套件升级为 MPC。升级套件主要有声卡、CD-ROM 驱动器及解压卡等，再安装上驱动程序和软件支撑环境即可构成。

由于多媒体计算机要有较大的主存空间和较高的处理速度，故 MPC 主机既要有功能强，运算速度高的中央处理器(CPU)，又需要高分辨率的显示接口。因此，1990 年 11 月，在 Microsoft 公司的主持下，Microsoft、IBM、Philips、NEC 等较大的多媒体计算机市场协会，进行多媒体计算机标准的制定。根据当时的计算机发展水平首先制定了基本标准 MPC1，随后又颁布了多媒体计算机 MPC2、MPC3 标准。1995 年 6 月，多媒体计算机市场协会（现已更名为“多媒体 PC 工作组”）公布的最新标准 MPC3 对主机的要求为：

- 微处理器：Pentium，75MHz 或更高的微处理器。

- 主存(RAM): 8MB 以上。
- 显示系统: VGA 或更好的显示器。

(2) 多媒体接口卡。多媒体接口卡根据多媒体系统获取、编辑音频或视频的需要插接在计算机上,以解决各种媒体数据的输入输出问题。多媒体接口卡是建立制作和播放多媒体应用程序工作环境必不可少的硬件设施。常用的接口卡有声卡、显示卡、视频压缩卡、视频捕捉卡、音频播放卡、光盘接口卡等。

(3) 多媒体外部设备。多媒体外部设备十分丰富,工作方式一般为输入输出。按其功能又可分为以下4类:

- 视频、音频输入设备(摄像机、录像机、扫描仪、传真机、数字相机、话筒等)。
- 视频、音频播放设备(电视机、投影电视、大屏幕投影仪、音响等)。
- 人机交互设备(键盘、鼠标、触摸屏、绘图板等)。
- 存储设备(磁盘、光盘等)。

需要指出的是,开发多媒体应用程序比运行多媒体应用程序需要的硬件配置更高。基本原则是多媒体开发者使用的硬件设备要比用户的速度更快,功能更强,外部设备更多。

## 2. 多媒体计算机软件系统

多媒体计算机软件系统按功能可分为系统软件和应用软件。

(1) 多媒体系统软件。系统软件是多媒体系统的核心,它不仅综合使用各种媒体、灵活调度多媒体数据进行媒体的传输和处理,而且要控制各种媒体硬件设备和谐地工作,即将种类繁多的硬件有机地组织到一起,使用户能灵活控制多媒体硬件设备和组织、操作多媒体数据。

多媒体的各种软件要运行于多媒体操作系统平台(Windows)上,故操作系统平台是软件的核心。多媒体系统软件除具有一般系统软件的特点外,还要反映多媒体技术的特点,如数据压缩、媒体硬件接口的驱动与集成、新型的交互方式等。多媒体计算机系统主要的系统软件有:

1) 多媒体驱动程序。多媒体驱动软件(也称驱动模块)是最底层硬件的软件支撑环境,直接与计算机硬件打交道,完成设备初始化、各种设备操作、设备的打开和关闭、基于硬件的压缩/解压缩、图像快速变换及功能调用等。通常驱动软件有视频子系统、音频子系统,以及视频/音频信号获取子系统等。一种多媒体硬件需要一个相应的驱动程序,驱动程序一般随硬件产品提供,它常驻内存。

2) 驱动器接口程序。它是高层软件与驱动程序之间的接口软件,为高层软件建立虚拟设备。

3) 多媒体操作系统。实现多媒体环境下多任务的调度,保证音频、视频同步控制及信息处理的实时性。操作系统还应该具有独立于硬件设备和较强的可扩展能力。

4) 多媒体素材制作软件及多媒体库函数。这层软件是为多媒体应用程序进行数据准备的程序,主要为多媒体数据采集软件,其中包括数字化音频的录制、编辑软件, MIDI 文件的录制、编辑软件,图像扫描及预处理软件,全动态视频采集软件,动画生成、编辑软件等。多媒体库函数作为开发环境的工具库,供设计者调用。

5) 多媒体创作工具和开发环境。多媒体创作工具和开发环境主要用于编辑生成多媒体特定领域的应用软件,与一般的编程工具不同,多媒体创作工具能对多媒体信息进行控制、管理和编辑,能按用户要求生成多媒体应用程序。

(2) 多媒体应用软件。多媒体应用软件是在多媒体创作平台上设计开发的面向应用领域



的软件系统，通常由应用领域的专家和多媒体开发人员共同协作、配合完成。开发人员利用开发平台、创作工具制作组织各种多媒体素材，生成最终的多媒体应用程序，并在应用中测试、完善，最终成为多媒体产品，例如，各种多媒体教学系统、培训软件等。

综上所述，多媒体计算机软件系统的层次结构如图 6.3 所示。其中低层软件是建立在硬件基础上，而高层软件则建立在低层软件的基础上。

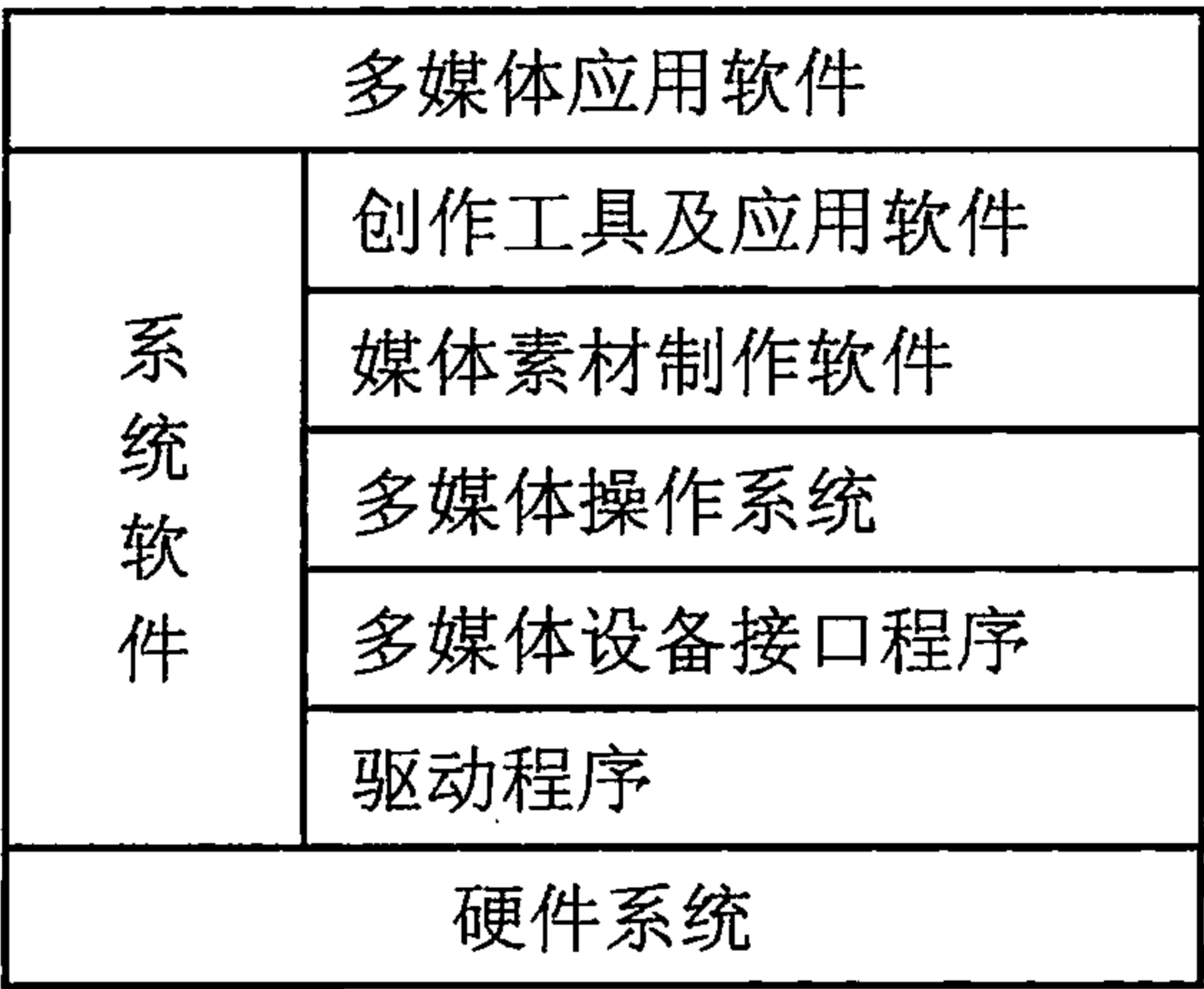


图 6.3 多媒体计算机软件系统的层次结构

## 6.2 多媒体制作工具

多媒体制作工具的功能是把多媒体（文本、图形、音频、视频和动画）集成或组织成一个结构完整的多媒体应用。

早期的多媒体应用软件的制作，大多是依赖程序语言。这些语言功能强大，灵活多变，能够开发范围广泛的多媒体软件产品。但是，使用编程语言来开发一个多媒体产品，常常需要编写许多代码，这对于非技术人员来说，其困难是显而易见的，必须聘请专业的程序设计员来进行开发。并且，由于产品的设计者与编程者由不同的人来担当，这样实际制作与设计之间就不可避免地会存在偏差，从而无法将原作者的创意和构思真实地在产品中体现出来。

为了使多媒体产品的制作摆脱上面的困境，人们开始寻找新的方法，于是就出现了专门为不懂编程的创作者所设计的工具——多媒体编著软件，即多媒体制作工具。

### 6.2.1 多媒体制作工具的功能与特性

#### 1. 基本功能

一般来说，多媒体制作工具有以下功能：

- （1）具有良好的、面向对象的编程环境。多媒体制作工具能够提供编排各种媒体数据的环境，即能对媒体元素进行基本的信息和信息流程控制操作，包括条件转移、循环、数学计算、逻辑运算、数据管理和计算机管理等。多媒体制作软件还提供将不同的媒体信息编入程序的能力、时间控制能力、调试能力、动态文件输入/输出能力等。
- （2）具有较强的媒体数据 I/O 能力。媒体数据一般由多媒体素材编辑工具完成，由于制作过程中经常要使用原有的媒体素材或加入新的媒体，因此要求多媒体制作软件也应具备一定的数据输入和处理能力。另外对于参与创作的各种媒体数据，可以进行即时呈现与播放，以便对多媒体数据进行检查和确认。

(3) 动画处理能力。多媒体制作工具可以通过程序控制,实现显示区的位块移动和媒体元素的移动,以制作和播放简单动画。另外多媒体制作工具还应能播放由其他动画制作软件生成动画的能力,以及通过程序控制动画中的物体的运动方向和速度,制作各种过渡特技等。

(4) 超级链接能力。媒体元素可分为静态对象中的文本、图形、图像等和基于时间的数据对象中的声音、动画、视频等。超级链接能力是指从一个对象跳到另一个对象,程序跳转、触发、连接的能力。从一个静态对象跳到另一个静态对象,允许用户指定跳转链接的位置。允许从一个静态对象跳到另一个基于时间的数据对象,反之亦然。

(5) 应用程序的连接能力。多媒体制作工具能将外界的应用控制程序与所创作的多媒体应用系统连接,也就是用一个多媒体应用程序来激发另一个多媒体应用程序,并加载数据,然后返回运行的多媒体应用程序。多媒体制作工具还应具有能形成安装文件或可执行文件的功能,在脱开发平台后能运行。

(6) 良好的界面,易学易用。多媒体制作工具应具有友好的人机交互界面。屏幕呈现的信息要多而不乱,即多窗口,多进程管理。应具备必要的联机检索帮助功能,使用户在上机时尽可能不借助印刷文档,就可以掌握基本使用方法。此外多媒体制作工具应操作简单,易于修改,菜单与工具布局合理,有良好的技术支持。

## 2. 多媒体的特点

综上所述,可看出多媒体制作工具的基本特点有3个:

(1) 具有对各种媒体的集成和控制能力,实现随机交互式会话。

(2) 支持各种音频、视频等数字信号输入设备,如录像机、摄像机、扫描仪、触摸屏等,并能自动实现各种不同文件格式的转换。

(3) 容易实现标准化设计,从而实现应用系统的标准化、系列化。例如,人机对话框、菜单、图标乃至屏幕格式。

上述仅仅是基本功能和特点,由于多媒体/超媒体应用系统的用途、使用对象和应用环境各异,所需要的制作系统的功能和特点也不完全相同,应该根据自己要完成任务的要求和环境选择创作工具。

### 6.2.2 多媒体创作工具的类型

多媒体创作工具可根据不同方式分类,若按创作特点分类则可分为四类。

#### 1. 基于描述语言或描述符号的创作工具

这类创作工具需提供一套脚本描述语言或描述符,设计者用这些语句或符号像写程序那样组织、控制各种媒体元素的呈现、播放。为了便于创作,通常将脚本按页(Page)或卡片(Card)进行组织。一页或一张卡片便是数据结构中的一个结点,它类似于教科书中的一页或卡片盒中的一张卡片,只是这种页面或卡片的数据比教科书上的一页或卡片盒中的一张卡片的数据多样化罢了。在多媒体创作工具中,可以将这些页面或卡片连接成有序的序列,还可以根据命令跳至所需的任何一页,形成多媒体作品。优点是便于组织和管理多媒体素材;缺点是在要处理的内容非常多时,卡片或页面数量过大,不利于维护和修改。这类工具的典型代表是 Macintosh 上的 HyperCard (超卡) 及 Asymetrix 公司的 Multimedia ToolBook。

#### 2. 基于图标的创作工具

这类工具中多媒体成分和交互队列(事件)以结构化框架或过程组织为对象。创作多媒



体作品时制作工具提供一条流程线，供放置不同类型的图标，并使用流程图隐语去“构造”程序。多媒体素材的呈现是以流程为依据的，在流程图上可以对任意图标进行编辑。优点是简化了项目的组织，并使整个设计框架通过流程图一目了然，而且流程图可同时在复杂的系统中作为导航手段。这类工具也具有类似脚本指令的优点，可以制作出灵活多变的多媒体节目。缺点是当多媒体应用软件制作很大时，图标与分支很多。这类工具比较有代表性的是 Authorware 和 Icon Author。

### 3. 基于时间顺序的制作工具

以时间序列为基础的创作工具是最常见的多媒体编辑软件，主要用来制作电影、卡通片等影视节目，即以看得见的时间线来决定事件的顺序和对象演示的时段。它还可以用来编程控制转向一个序列中的任何位置的节目，从而增加了导航和交互控制。它的优点是操作简便、形象直观，在一个时间段内，可任意调整多媒体素材的属性；缺点是要对每一素材的呈现时间做出精确安排，调试工作量大。

### 4. 基于程序语言的制作工具

有编程经验的设计者，往往对多媒体创作工具的限制以及依赖工具箱建立媒体对象的方式不易接受，而对于近年来在编程语言基础上发展起来的可视化编程环境情有独钟。在可视化编程环境中，设计者既可用传统语言撰写程序，发挥自己的特长，又可借助于开发好的文本绘图等工具箱，使这些工具箱内的编码直接被取用，较为轻松地进行多媒体应用程序设计，但是编程量大，可重复性差，不便于组织和管理多媒体素材，且调试困难。目前使用较广泛的是 Visual C++、Visual Basic 等。

创作工具除按创作方式分类外，还可按多媒体组织结构分类。创作方式分类是将节目以线性与分支跳转结构的顺序播放；多媒体组织结构分类则按超文本网状结构组织节目，可由用户控制自由跳转，适合于制作交互性强的繁杂的应用系统。

## 6.2.3 多媒体的同步

高级多媒体系统的特征是，它集成了计算机控制的、相互独立的、与时间相关和与时间无关的媒体的生成、存储、通信、操作和演示，而集成的关键问题是各种各样的媒体和数据之间的同步。因此，同步（Synchronization）问题被认为是多媒体系统的一个重要特征。

同步一般指多媒体系统中媒体对象间的时间关系，更广泛的概念则包括内容、空间和时间的关系。媒体对象包括与时间相关的媒体（如音频、视频）和与时间无关的媒体（例如文本、图像）。媒体对象间的同步由时间相关的媒体对象和时间无关的媒体对象之间的关系组成。这里有两个常见例子，一个是电视中视觉和听觉信息间的同步关系，这是典型的连续媒体间的同步；另一个是幻灯演示中画面显示与音频流之间的时间关系，是典型的时间相关的媒体和时间无关的媒体之间的同步关系。

在多媒体系统的许多系统部件上都存在并应支持多媒体同步，如操作系统、通信系统、数据库、文档，以及应用程序等各个层次上。

时间关系的定义可以是隐式的，即在采集媒体对象时就定义了，演示的目的就是以采集时同样的方式显示出来（如音频/视频的录放）；也可以是显式定义的，即演示是由独立采集或生成的媒体对象构成的。

## 6.3 音频技术

多媒体涉及的技术范围很广，技术很新、研究内容很深，是多种学科和多种技术交叉的领域。多媒体数据的表示技术包括文字、声音、图形、图像、动画、影视等媒体在计算机中的表示方法。多媒体的数据量大得惊人，尤其是声音和影视，包括高清晰度数字电视（High Definition Television, HDTV）这类的连续媒体。为克服数据传输通道带宽和存储器容量的限制，投入了大量的人力和物力来开发数据压缩和解压缩技术；人一机接口技术，如语音识别和文本—语音转换（Text To Speech, TTS）也是多媒体研究中的重要课题；虚拟现实（Virtual Reality, VR）是当今多媒体技术研究的热点技术之一。

### 6.3.1 数字音频

#### 1. 声音

当运动使空气发生振动时就产生了声音。例如讲话时声带的振动、拉琴时琴弦的振动、扬声器纸盆的振动都会产生声音。这种声音可以用声波来表示，声波是一条随时间变化的连续曲线，如图 6.4 所示。

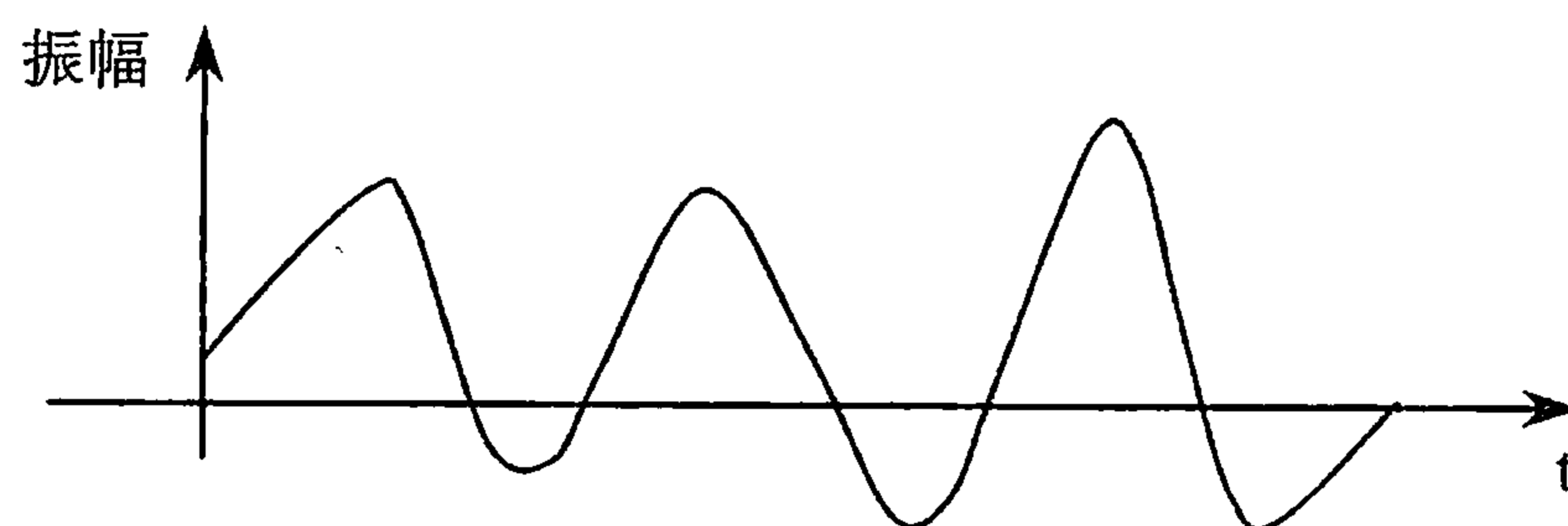


图 6.4 声波示意图

声波有两个基本参数：频率和振幅。

(1) 频率  $f$ ：是指声音信号每秒钟变化的次数，以赫兹（Hz）为单位。例如人说话的声音频率为 300~3000Hz，频率越高则音调越高。与频率有关的一个参数是周期  $T$ ，它是指两个相邻峰点或谷底之间的时间间隔。周期与频率的关系互为倒数，即  $T=1/f$ 。

(2) 振幅：是指波形的最高点或最低点与时间轴的距离，它反映了声音信号的强弱程度。为了表示上的方便，一般用分贝（dB）来表示声音的振幅，它是对声音信号取对数运算后得到的值。

声音按照其频率的不同可以分为次声、可听声和超声。低于 20Hz 的为次声，高于 20000Hz 的为超声，介于 20~20000Hz 之间的为可听声。音频信号通常指的是可听声。

计算机中的音频信号主要有 3 种：语音、音乐和效果声。语音主要用于说明、回答、叙述，也可以用作命令；音乐在多媒体系统中起到提示和加强效果的作用；效果声是指自然界的各种声音，如雷声、掌声等。

#### 2. 音频信号的采样与量化

对声音信号的采样和量化是多媒体计算机获取声音最直接和最简便的方式。人的耳朵听到的声音是一种具有一定振幅和频率的声波，通过话筒可以把它变成相应的电信号，但这是一种模拟信号，即连续变化的信号；而计算机能处理的信号却只是数字信号，数字信号是一种离



散信号。因而要想使用计算机来处理声音信号，必须首先把模拟的声音信号经过模数（A/D）转换，变成计算机能处理的数字声音信号，然后再交给计算机处理，处理后的数据经过数模（D/A）转换，变成模拟信号，经过放大输出到喇叭或耳机，变成人耳能听到的声音。

把模拟的声音信号变成数字信号的过程称为声音的数字化，它是通过对声音信号的采样、量化和编码来实现的，如图 6.5 所示为声音信号的数字化过程。

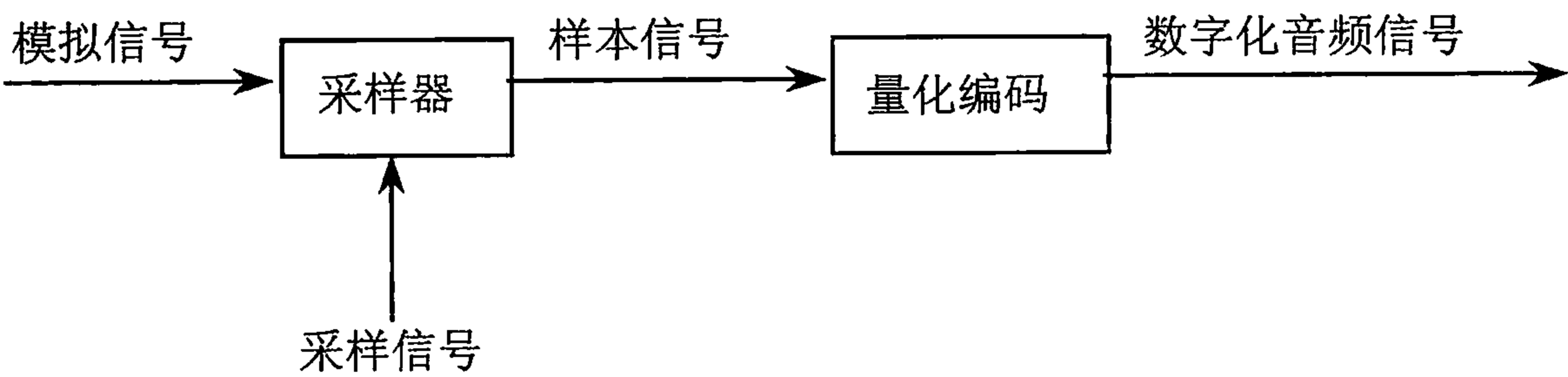


图 6.5 声音信号的数字化过程

（1）采样：为了进行声音信号的采样，就必须以固定的时间间隔对当前的声音波形幅度进行测量，这个过程称为采样。采样的作用是把时间上连续的声波信号  $x(t)$  变成时间上不连续的信号序列  $\{x_1, x_2, x_3, \dots\}$ ，如图 6.6 所示为声音信号的采样。采样后的信号序列称为离散时间信号或采样信号。把声音信号自身的最高频率称为样本频率；而将采样时每秒所抽取声波幅度的次数称为采样频率。采样频率的单位用 kHz（千赫兹）表示。为了能正确地重构原信号，采样频率至少要为样本频率的两倍。这就是说，一段频率为 10kHz 的声音，如果要求采样后不能失真，能够重放，采样频率必须大于  $10\text{kHz} \times 2 = 20\text{kHz}$ 。在实际应用中，对于音频信号的采样频率一般为 44.1kHz，这主要是因为音频的最高频率为 20kHz。

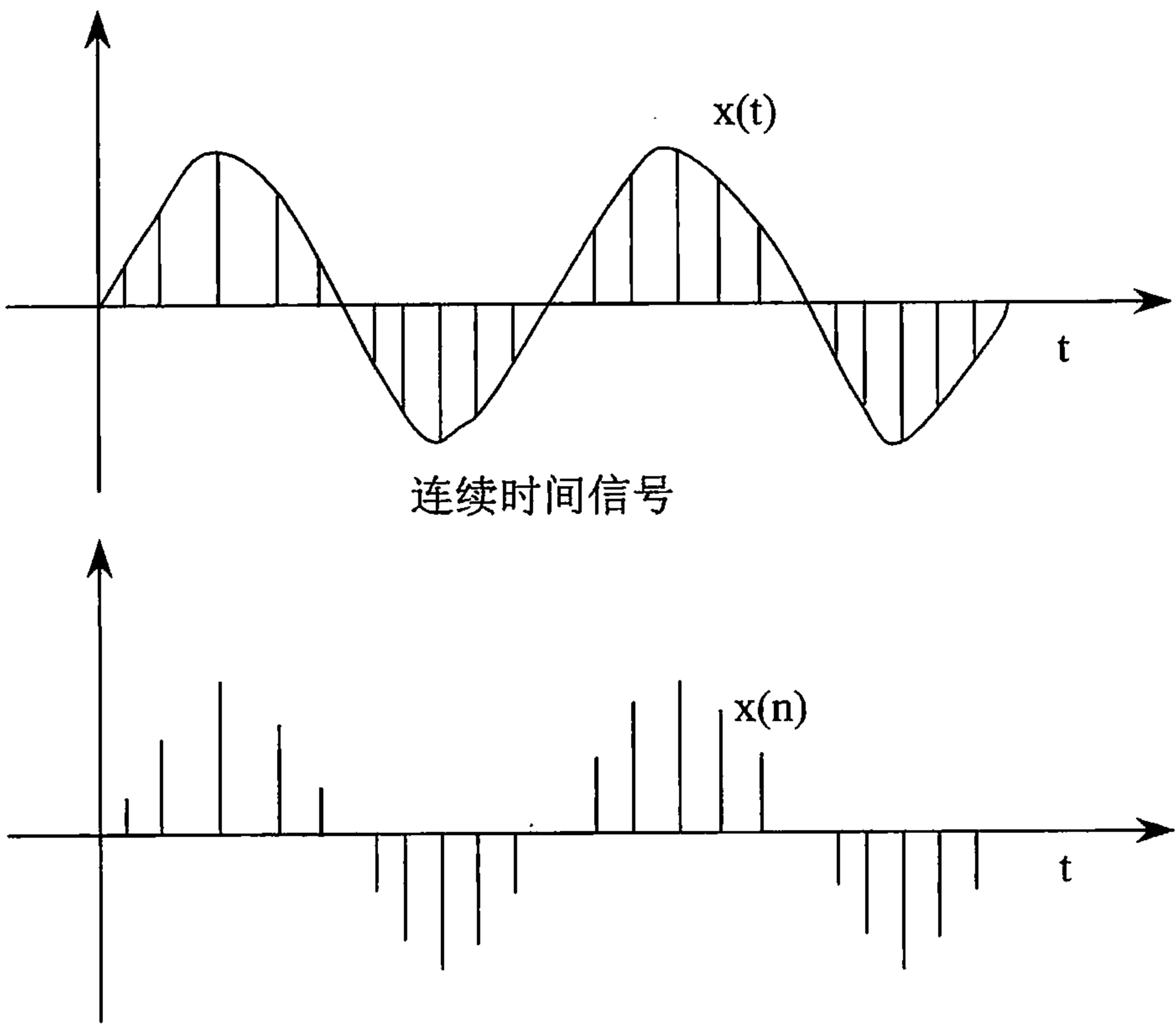


图 6.6 声音信号的采样

在多媒体声音中，为了满足不同的需要，提供了 3 种标准的采样频率：44.1kHz（高保真效果）、22.05kHz（音乐效果）和 11.025kHz（语音效果）。采样频率越高声音失真越小，而数

字化音频的数据量也就越大,应根据需要选择适当的采样频率。

(2) 量化: 量化就是把采样所得到的值(通常是反映某一瞬间的声波幅度的电压值)加以数字化,即用二进制数来表示。量化时采用的二进制数的位数称为量化精度。量化采样值的过程为: 先将整个幅度划分为有限个小幅(量化阶距), 把落入某个阶距内的样值归为一类, 并赋予相同的量化值。如果量化阶距是均匀的, 则称为均匀量化器。设 $\Delta$ 为量化阶距, 量化器的最大范围是  $X_{\max}$ ,  $B$  为量化精度, 则:  $\Delta = 2X_{\max}/2^B$  对于小于  $(i+1/2)\Delta$ , 而大于  $(i-1/2)\Delta$  的样值, 均规定为相同的量化值  $i\Delta$ 。若令量化误差(量化噪声)为  $e$ , 则有  $-\Delta/2 \leq e \leq \Delta/2$ 。显然, 所用二进制位数越多, 量化阶距 $\Delta$ 越小, 量化误差  $e$  就越小, 对原始波形的模拟就越平滑, 以后还原出来的声音质量也就越高。经常采用的量化精度有 8 位、12 位和 16 位。例如采用 8 位量化精度, 每个采样点可以表示 256 个不同的值。一个理想的数字系统的信噪比(S/N)约为量化精度乘以 6dB。这样, 8 位数字系统的信噪比只有 48dB, 而 16 位数字系统的信噪比可高达 96dB。但是, 增加量化精度同样也会增加数字音频的数据量。

### 6.3.2 声音文件的存储格式

多媒体声音技术中几种常见的存储格式是: 波形文件.WAV、声音文件.VOC 和 MIDI 文件.MID。下面简单介绍这 3 种文件的格式。

#### 1. WAVE 波形文件

文件的扩展名为.WAV。利用声卡和相应的软件可以通过录音创建波形文件, 需要时可以方便地将它播放出来。也可以通过适当的软件对文件中数字化的音频信号进行编辑处理。波形文件由文件首部和波形音频数据块组成。文件首部包括标识符、语音特征值、声道特征以及脉冲编码调制(PCM)格式类型标志等。

#### 2. VOC 声音文件

VOC 文件主要适用于 DOS 操作系统, 它也是由文件首部和数据块两大部分构成的。文件首部包括标识符、版本号和一个指向数据块开始的指针。

#### 3. MIDI 声音文件

MIDI 文件是数字化乐器接口(Musical Instrument Digital Interface, MIDI)文件, 是用于在音乐合成器、乐器和计算机之间交换音乐信息的一种标准协议。从 20 世纪 80 年代初期开始, MIDI 已经逐步被音乐家和作曲家广泛接受和使用。MIDI 是乐器和计算机使用的标准语言, 是一套指令(即命令)的约定, 它指示乐器(即 MIDI 设备)做什么、怎么做, 如演奏音符、加大音量、生成音响效果等。MIDI 不是声音信号, 在 MIDI 电缆上传送的不是声音, 而是发给 MIDI 设备或其他装置让它产生声音或执行某个动作的指令。

MIDI 标准之所以受欢迎, 主要是它有下列几个优点: 生成的文件比效小, 因为 MIDI 文件存储的是命令, 而不是声音波形; 容易编辑, 因为编辑命令比编辑声音波形要容易得多; 可以作背景音乐, 因为 MIDI 音乐可以和其他媒体, 如数字电视、图形、动画、话音等一起播放, 这样可以加强演示效果。

### 6.3.3 声音工具

声音工具(audio tools)用来录放、编辑和分析声音文件。声音工具使用得相当普遍, 但他们的功能相差很大。下面对 3 种常见工具加以简单介绍。



1. Sound Recorder

Windows 9.x 以上版本的系统自带 Sound Recorder。在中文版 Windows 9.x 的桌面上单击“开始”→“程序”→“附件”→“娱乐”→“录音机”菜单命令时，便打开“录音机”窗口，如图 6.7 所示。



图 6.7 “录音机”窗口

播放工具按钮是非常常见的。它们从左至右依次表示：返回至文件头、前进至文件尾、播放、停止、录音。在播放声音的过程中，滑动条上的滑块逐渐向右移动。信息栏反映了声音文件持续的时间长度和当前播放到的位置。信息栏中央的绿线表示声音的波形。如果打开的声音文件是压缩格式的，就不会显示绿线。

2. 买声卡时带的工具

如果计算机安装有声卡，一般来说都附带有声音工具。例如，声霸（Sound Blaster）卡带有几种声音工具，通常由用户自己安装。

3. 网络上下载的声音工具

因特网上有许多站点提供试用的或者是免费的声音工具，如图 6.8 所示为网上下载的声音工具窗口，类似的声音工具还有很多。

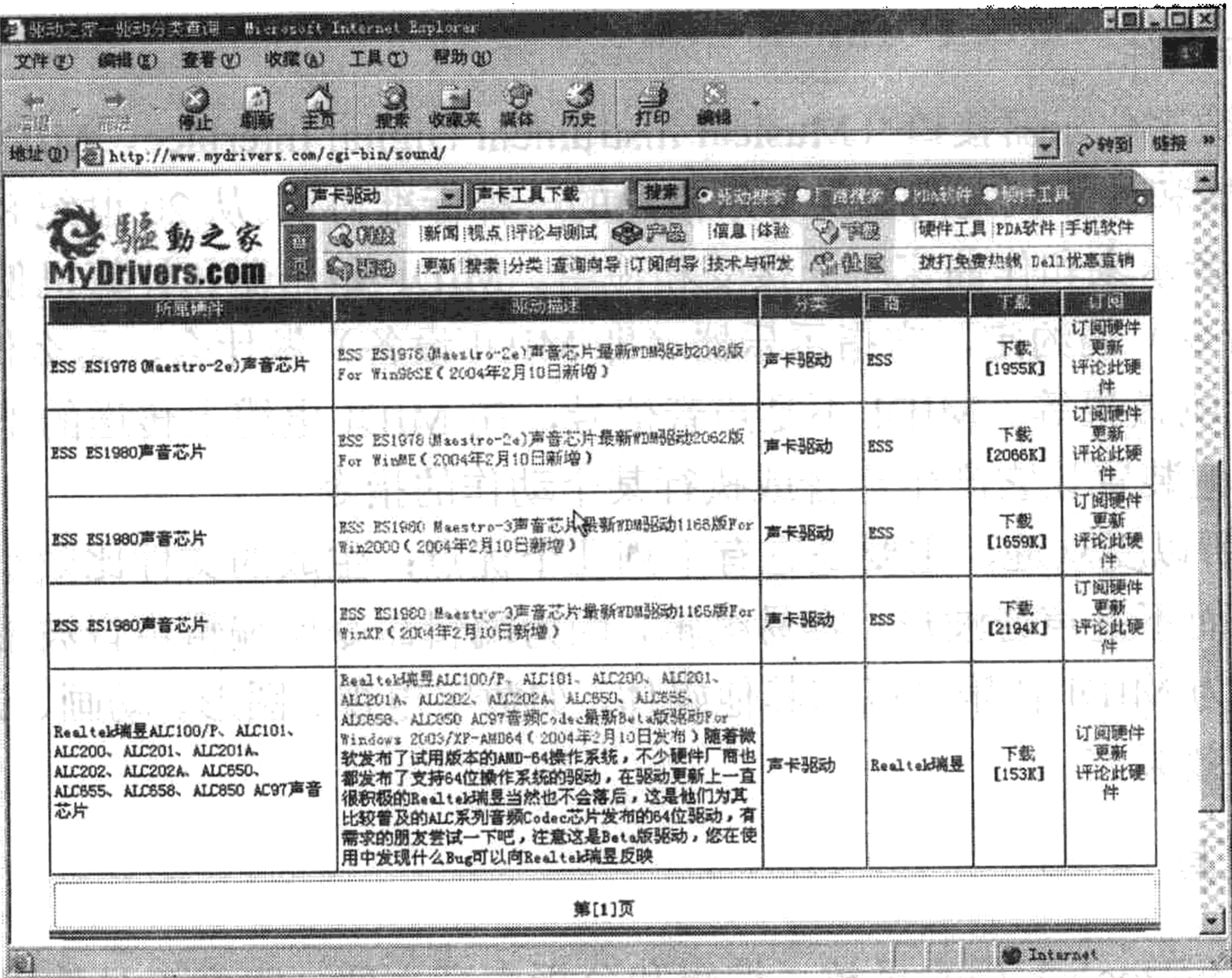


图 6.8 网上下载的声音工具窗口



### 6.3.4 语音识别

口语是最自然最有效的交际方式,让说话替代键盘输入汉字是计算机使用者的愿望。这个愿望正在变成现实,其技术基础是语音识别和理解。语音识别是将人发出的声音、字或短语转换成文字、符号或给出响应,如执行控制、做出回答。语音识别的研究已有几十年的历史。据预测,带有语音功能的计算机将很快成为大众化产品,语音识别将可能取代键盘和鼠标成为计算机的主要输入手段,使用户界面产生一次飞跃,所以语音识别所具有的商业前景是不可估量的。

语音研究领域比较广,归纳起来,一般有以下4个方面:

#### (1) 词汇量不同。

按可识别的词汇量多少,语音识别系统可分为小、中、大词汇量3种。一般来说,能识别词汇少于100的称为小词表语音识别;超过100的而少于1000的称为中词表语音识别;大于1000的称为大词表语音识别。词表越大,困难越多。

#### (2) 语音的输入方式不同。

按照语音的输入方式,语音识别的研究集中于对孤立词、连接词和连续语音的识别。

#### (3) 发音人不同。

按发音人可分为特定人、限定人和非特定人语音识别三种。语音识别研究的最终目标是要实现大量词汇、非特定人连续语音的识别,这样的系统有可能完全听懂并理解人类的自然语言。

#### (4) 说话人识别。

对说话人的声音进行识别,称之为说话人识别。这是研究如何根据语音来辨认说话者、确认说话者。

## 6.4 数字视频技术

如果说声音给计算机带来了各种灵性,那么视频给计算机带来的就是一种活力。随着硬件的发展,多媒体节目中大量使用视频已经很平常了。下面就视频的相关问题作简要的介绍。

### 6.4.1 数字视频的优点

视频信息实际上是由许多幅单个画面构成的。电影、电视通过快速播放每帧画面,再加上人眼的视觉滞留效应便产生了连续运动的效果。如果再把音频信号加进去,便可实现视频、音频信号的同时播放。视频信号的数字化是指在一定时间内以一定的速度对单帧视频信号进行捕获、处理以生成数字信号信息的过程。与模拟视频相比,数字视频的优点为:

- 数字视频可以无失真地进行无限次拷贝,而模拟视频信号每转录一次,就会有一次误差积累,产生信号失真。
- 可以用许多新方法对数字视频进行创造性的编辑,如字幕电视特技等。
- 使用数字视频可以用较少的时间和费用创作出用于培训教育的交互节目,可以真正实现将视频融进计算机系统中以及可以实现用计算机播放电影节目等。

数字视频也存在数据量大的问题,为存储和传递数字视频带来一些困难,所以在存储与传输的过程中必须进行压缩编码。



### 6.4.2 视频信息的获取

多媒体计算机最常用的图像有下述 3 种：图形、表态图像和动态图像（也称视频），获得这 3 种图像可用下述方法：

- 用计算机产生彩色图形、静态图像和动态图像。
- 用彩色扫描仪，扫描输入彩色图形和表态图像。
- 用视频信号数字化仪，将彩色全电视信号数字化后，输入至多媒体计算机中，可获得表态和动态图像。

计算机用软件产生的图形和图像产品目前市场已经很多了；选用彩色扫描仪能够把彩色图形和图像精确、方便地输入到计算机中，目前彩色扫描仪最高的分辨率已达 4000dpi (dots per inch)，颜色分辨率可达 24 位 (R:G:B=8:8:8)，常用的分辨率是 600dpi。多媒体计算机用得最多的图像输入设备是视频信号数字化仪，它能够把彩色全电视信号数字化后，存在帧存储器中，供多媒体计算机使用。

### 6.4.3 数字视频技术

数字视频技术主要涉及视频信息的获取、压缩以及播放等几个方面。

#### 1. 视频信息的获取

视频信息的获取，通常是通过视频卡来完成。它接收模拟的视频信号，将其转换成数字信号。依捕捉图形的类型而定，视频卡又分为帧捕捉卡和视频捕捉卡。帧捕捉卡每次只能将视频图像的一帧转换为数字图像，而视频捕捉卡一次可将连续的帧转化为数字视频，并以一定的文件格式存入磁盘。

#### 2. 视频信息的压缩

数字视频包含巨大的数据量，不进行压缩直接存储的话，所需的空间是非常巨大的。例如，屏幕上的一个  $320 \times 320$  播放窗口，其中每一点的颜色用 8 位来表示，以每秒 30 帧的速度进行播放，这样一分钟的数据量是  $320 \times 200 \times 30 \times 60 = 115200000$  字节，大约为 110MB。那么 1GB 的硬盘就只能存放 10 分钟这样的视频图像，这是不能接受的。所以对视频图像必须进行压缩。

#### 3. 视频信息处理和播放

数字视频可以用硬件和软件的方法来播放。因为数字视频都是以一定压缩方式存放在硬盘上的，所以在播放的时候就需要解压缩，即将压缩的数据还原为图像信息。这个过程过去由解压卡来完成，现在，以高档计算机的速度，已完全实现软件解压缩播放，所以就不需要专门的解压卡了。

### 6.4.4 视频文件格式

经过压缩了的数字视频信息以特定的文件格式存储在磁盘或光盘上。常见的数字视频文件格式有 .AVI、.MOV、.MPEG 等。

#### 1. AVI (Audio Video Interleaved)

.AVI 文件是 Video for Windows 所使用的文件标准，它是有伴音的视频图像文件，称为音频—视频交错。.AVI 文件使用的压缩方法有好几种，主要使用有损压缩方法，压缩比较高。

2. MOV

MOV 视频图像文件,在 Windows 环境下用 Quick Time for Windows 播放。一般认为,.MOV 文件的图像质量比.AVI 格式的要好。

3. MPEG (Motion Pictures Experts Group)

PC 机上的全屏幕活动视频的标准文件为.MPG 格式文件,它是采用 MPEG 国际标准进行压缩的全运动视频文件格式。现在流行的 VCD 光盘就采用这种文件格式进行信息存储。

6.5 数字图像技术

数字图像技术作为多媒体技术的重要组成部分,已经深入到了社会生活的各个方面,为计算机增添了更加丰富、形象的表现力,也为人们提供了更方便、有效的图像处理手段。

6.5.1 基础知识

1. 颜色的基本概念

彩色可用色调 (Hue)、饱和度 (Saturation) 和亮度 (Brightness) 来描述 (也称为 HSB 模式),人眼看到的任一彩色光都是这 3 个特性的综合效果。色调是当人眼看到一种或多种波长的光时所产生的彩色感觉,它反映颜色的种类,例如红色、棕色都是指色调。饱和度是指颜色的纯度,即参入白光的程度,或者说是指颜色的深浅程度。对于同一种色调的彩色光,饱和度越深颜色就越鲜明或者说越纯。通常把色调和饱和度统称为色度。而亮度是光作用于人眼时所引起的明亮程度的感觉,它与被观察物体的发光强度有关。

自然界常见的各种颜色光都可以由红 (R)、绿 (G)、蓝 (B) 3 种颜色光按不同的比例相配而成。同样,绝大多数色光也可以分解为红、绿、蓝三色光,这就是色度学中最基本的原理——三基色原理。当然,三基色的选择不是唯一的,也可以选择其他 3 种颜色为三基色。但是,3 种颜色必须是相互独立的,即任何一种颜色都不能由其他两种颜色合成。由于人眼对红、绿、蓝 3 种色光最敏感,所以一般都选择这 3 种颜色作为基色。

把 3 种基色按不同比例相加称为相加混色,由红、绿、蓝三基色相加混色示意图如 6.9 所示。

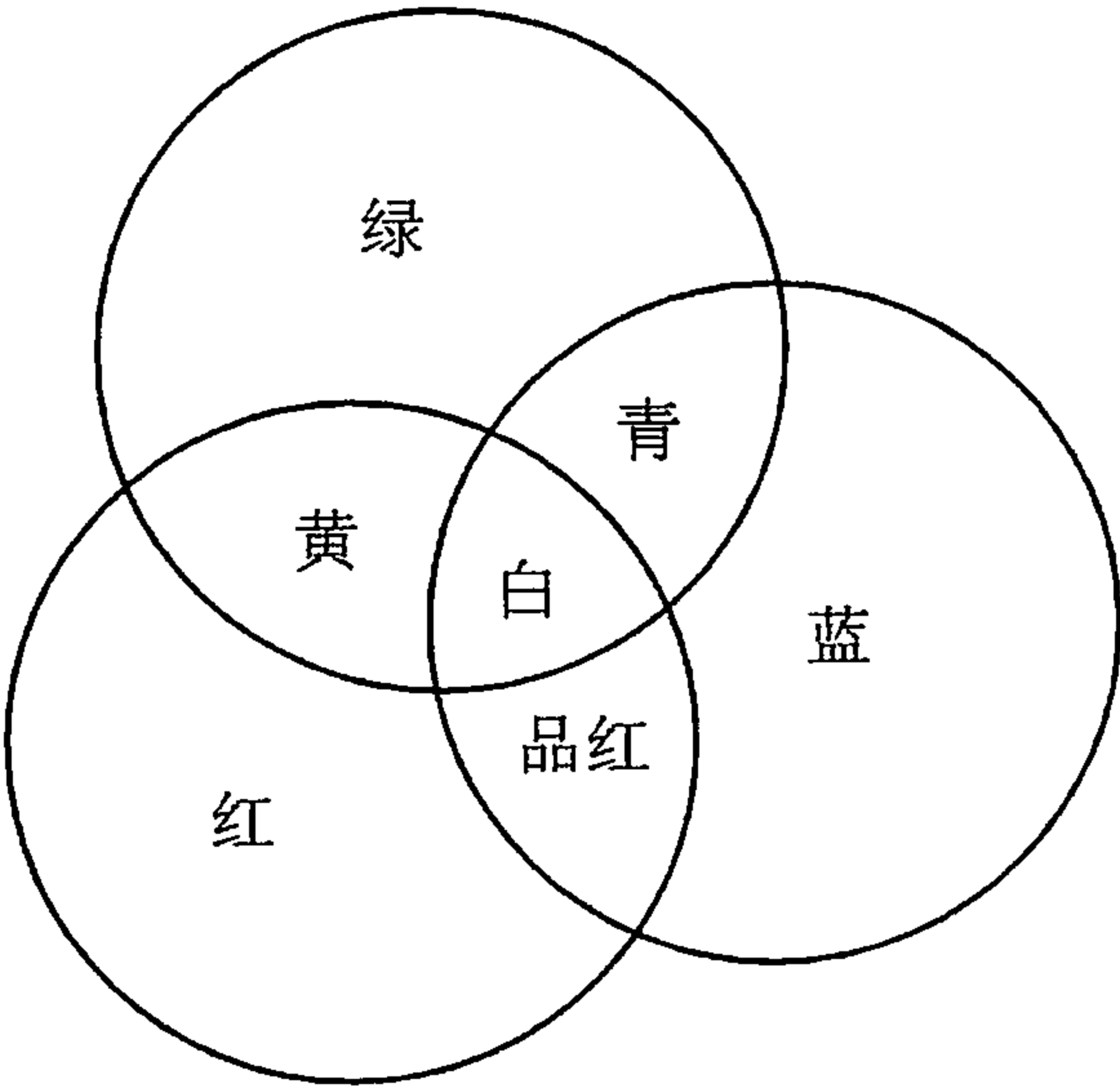


图 6.9 三基色的相加混色示意图



2. 矢量图与位图

数字图像具体来讲可分为图形和图像两种。图像呈现给人们的是一幅幅画面。它一般由图像输入设备捕获，以数字化的形式存储在计算机中，例如照片、绘画等。而图形是由绘图工具绘制的，由线、形、体和文字等图元构成，例如工程制图等。

数字图像在计算机中通常有位图（Bitmap）和矢量图（Vector Graphics）两种表现形式。两种类型的图像以不同的格式存储，并且它们之间可以互相转换。

矢量图是用一组指令集合来描述图形的内容，这些指令用来描述构成该图形的所有直线、圆、圆弧、矩形、曲线和文字等图元的位置、维数、形状和其他一些特征。使用矢量图的一个很大的优点是不需要对图上的每一点进行保存，只需让计算机知道所描述的对象几何特征即可，方便实现对图形的移动、缩放、旋转和扭曲等变换和修改。它常常用在画图、工程制图、美术字等方面。

位图是将构成图像的每一个点上的颜色、亮度等一些相关信息存储起来。它的特点是能够直接调入内存并在显示器上显示出来。位图适合于描述风景、人物等不宜用矢量图描述的内容，适用于表现含有大量细节的画面。但用位图表示图像，数据量较大。

3. 分辨率与颜色深度

计算机的显示屏幕由若干个点（也称像素）组成。通常，计算机中有一显示存储器（也称为帧存储器），它存放的是与显示屏幕上的像素一一对应的一个数据矩阵，即屏幕上有多少像素，帧存储器中就有多少个元素。帧存储器中的每个元素中存放着屏幕上对应像素的颜色、亮度等信息。决定数字图像质量的主要因素有分辨率和颜色深度两个指标。

分辨率有显示分辨率和图像分辨率之分。屏幕分辨率是指屏幕上最大的显示区域，即水平方向与垂直方向的像素个数。PC 机上使用的彩色图形显示适配器 CGA、EGA 和 VGA 的分辨率分别为 640×320、640×400 和 640×480，而 SVGA 显示卡的分辨率可达到 1024×768，即水平方向上有 1024 个像素，垂直方向上有 768 个像素。图像分辨率是指一幅图水平方向和垂直方向所包含的像素个数。当图像分辨率小于屏幕分辨率时，图像只占据屏幕的一部分，而当图像分辨率大于屏幕分辨率时，只能显示图像的一部分，二者相等时图像正好充满屏幕。

屏幕上的每一个像素的颜色（或灰度）信息用若干位数据来表示，这个数据位数就是图像的颜色深度。颜色深度反映了构成图像所用的颜色（或灰度）的总数。例如图像的颜色深度为 1 时，只能有两种颜色：黑色和白色，它称为单色图像。颜色深度与图像颜色如表 6.1 所示。

图像的颜色深度越大，所需要的帧存储器的容量也越大，在分辨率相同的情况下，单色图像的数据量和 256 色图像的数据量差 8 倍。

表 6.1 颜色深度与图像颜色

颜色深度	颜色总数	图像名称
1	2	单色图像
4	16	16 位色图像
8	256	256 色图像
6	32768	16 位色（增强色）
24	16772216	真彩色图像

例如分辨率  $640 \times 480$  的 256 色屏幕的帧存储器的容量是:  $640 \times 480 \times 8/8=307200$ (字节), 而分辨率为  $640 \times 480$  的真彩色屏幕的帧存储器的容量是:  $640 \times 480 \times 24/8=921600$  (字节)。

#### 4. 数字图像的获取和处理

数字图像可以由如下 3 种方法获取:

(1) 用绘图程序绘制, 如用 Windows 的“画图”工具进行绘制。

(2) 用屏幕抓图程序从屏幕上直接抓取。使用这种技术, 可以将屏幕当前的显示画面抓下来, 存在磁盘中形成图像文件。

(3) 用扫描仪或数字化视频图像抓取设备从照片、画片或动态视频图像中抓取。

另外, 市场上也出售现成的图像库。它是由专业厂家把各种图像数字化以后存到光盘上, 从中也可以得到所需的图像。

图像处理是对图像进行压缩、变换、转换、增强和统计等操作的总称。它是一门比较成熟实用的技术。如果对一幅图像不满意或想增加一些特殊效果, 可使用适当的图像处理软件来完成这个任务, 如用 Photoshop 等。

#### 5. 数字图像文件格式

多媒体计算机通过各种形式得到的图形和图像都以文件的形式存放在计算机的存储器中。存储文件格式依产生或获取图像的工具的不同而不同。比较流行的图像格式有 GIF、TIFF、TGA、BMP、PCX、JPG、PCD 等。

(1) GIF (Graphics Interchange Format)。GIF 文件格式是由 CompuServe 公司在 1987 年为了制定彩色图像传输协议而开发的, 文件扩展名为.GIF。它支持 256 到 16M 颜色的调色板、单个文件中的多重图像、按行扫描的迅速解码、有效的压缩以及硬件无关性。

(2) TIFF (Tagged Image File Format)。TIFF 文件格式是由 Alaus 和 Microsoft 公司为扫描仪和桌上出版系统开发的较为通用的图像文件格式, 扩展名为.TIF。由于.TIF 文件具有良好的兼容性, 而压缩存储时又有很大的选择余地, 所以这种格式是许多图像应用软件所支持的主要文件格式之一, 可用于不同的软件和计算机之间进行图像数据的传递。

(3) TGA。TGA 图形文件格式是 TrueVision 公司为 Targa 和 Vista 图像获取板设计的 TIPS 软件所用的文件格式, 文件扩展名为.TGA。.TGA 图像文件格式结构比较简单, 它由描述图像属性的文件头(header)以及描述各点像素值的文件体组成。

(4) BMP (Bitmap)。BMP 图像采用一位映射的存储形式, 其文件扩展名为.BMP。.BMP 是 Windows 所使用的基本位图格式, Windows 软件的图像资源多数以.BMP 格式存储。多数图形图像软件, 特别是 Windows 环境下运行的软件, 都支持这种格式。.BMP 文件有压缩和非压缩之分, 一般作为资源使用的.BMP 文件都是非压缩的。

(5) PCX。PCX 图像文件格式是 Zsoft 公司研制开发的, 主要与商业性的 PC Paint brush 图形软件一起使用, 文件扩展名为.PCX。.PCX 图像文件格式与特定图像显示硬件密切相关, 其格式一般为 256 色和 16 色。

### 6.5.2 图像处理工具 Photoshop

随着计算机科技的日新月异, 图像处理软件的技术越来越进步, 操作方法也越来越容易, 目前图像处理软件很多, 常见的有 PhotoImpact、Photoshop、PaintShop Pro 等。



1. Photoshop 简介

Adobe Photoshop 是基于 Macintosh 和 Windows 平台运行的图形图像编辑应用程序，其界面美观，操作便捷，应用于图像处理和电脑绘图领域。

Photoshop 支持多种图像格式和颜色模式，能同时进行多色层处理。其绘画功能和选取功能使图像编辑变得十分方便，图像变形功能可用来制作特殊的视觉效果。Photoshop 还采用开放式的结构，能接受常用的图像输入设备。

Photoshop CS3 安装完成后，Windows 的“开始”菜单的“程序”子菜单中便会自动出现 Photoshop CS3 程序图标，在此选择 Adobe Photoshop CS3 便可启动 Photoshop CS3。软件启动后，首先会出现 Photoshop CS3 的启动引导画面，等检测完成后，Photoshop CS3 打开，界面的组成如图 6.10 所示。



图 6.10 Photoshop CS3 界面的组成

2. Phtoshop 的组成及功能

(1) 菜单栏和命令。菜单栏是 Photoshop 的重要组成部分，和其他应用程序一样，Photoshop CS3 将所有的功能命令分类后，分别放入 10 个菜单中。菜单栏提供了包含“文件”、“编辑”、“图像”、“图层”、“选择”、“滤镜”、“分析”、“视图”、“窗口”和“帮助”等 10 个命令菜单。只要单击其中一个菜单，随即会出现一个下拉式菜单命令，如果命令显示为浅灰色，则表示该命令目前状态为不可执行。命令右方的字母组合代表该命令的键盘快捷键，按下该快捷键即可快速执行该命令，使用键盘快捷键有助于提高工作效率。若命令后面带省略号，则表示执行该命令后，屏幕上将会出现对话框。

(2) “工具”调板和工具选项栏。Photoshop “工具”调板中总计有 22 组工具，加上其他弹出式的工具，则所有工具总计达 50 多个。“工具”调板中工具依照功能与用途分为七类，分别是：选取和编辑类工具、绘图类工具、修图类工具、路径类工具、文字类工具、填色类工具以及预览类工具。“工具”调板底部有三组调板：填充颜色控制支持用户设置前景色与背景色；工作模式控制用来选择以标准工作模式还是快速蒙版工作模式进行图像编辑；画面显示模式控制则支持用户决定窗口的显示模式。

(3) 控制调板。控制调板可以完成各种图像处理操作和工具参数的设置，例如用于颜色

选择、编辑图层和显示信息等,是 Photoshop 的一大特色。

(4) 对话框。在 Photoshop 中有很多种不同的对话框,用以实现不同的功能,如滤镜和颜色调整等操作都是在对话框中进行的。不同的对话框针对不同功能的设置,只有在这些设置被更改后才会生效。因此对话框的操作在 Photoshop 中是非常重要的。虽然各个对话框的功能设置不一样,但对话框的各个组成部分基本相似。熟悉对话框的设置,将对图像操作带来很大的便利。

(5) 状态栏。状态栏位于每个文档窗口的最底部,用于显示图像处理的各种信息。状态栏最左边的文本框用于控制图像显示比例,可以在其中输入任意的数值,然后按回车键就可改变图像窗口的显示比例。状态栏的中间部分是图像的文件信息,右边有一个向右小三角按钮,单击该按钮可以打开一个菜单,从中可以选择显示文件的不同信息。状态栏最右边区域显示 Photoshop 当前工作状态和操作时的提示信息。

(6) Photoshop 辅助操作。利用 Photoshop CS3 进行图像编辑时,一些常用的辅助操作是不可或缺的,利用这些操作可以更改操作窗口的可视性,提高操作时的准确性。如,利用标尺、网格和参考线可以在绘制和移动图形的过程精确地对图形进行定位和对齐,利用快捷键则可以提高工作的效率。

Photoshop 给用户提供了自行修改的权限,以根据用户的习惯来定义菜单快捷键、调板快捷键以及“工具”调板中各个工具的快捷键。

### 3. Photoshop 的基本操作

图像文件的基本操作包括图像文件的新建、打开、保存、导入与导出等。

(1) 新建图像文件。选择菜单栏中的“文件”→“新建”命令,或者按 Ctrl+N 快捷键,打开“新建”对话框。在该对话框中,可以设置创建的图像文件名称、图像大小、分辨率、颜色模式、背景内容等参数选项。单击“新建”对话框中的“高级”按钮,可以展开“高级”选项区域。在该选项区域中,可以设置“颜色配置文件”和“像素长宽比”参数选项。

(2) 打开图像文件。选择菜单栏中的“文件”→“打开”命令(Ctrl+O 快捷键)或者“文件”→“打开为”命令(Alt+Shift+Ctrl+O 快捷键),也可以双击 Photoshop 工作界面中的空白区域,打开“打开”对话框或“打开为”对话框。“打开”对话框和“打开为”对话框的区别在于,“打开”对话框中显示选中图像文件的缩略图,而“打开为”对话框只显示选中图像文件的文件大小。

(3) 保存图像文件。图像文件在创建或者处理完成后需要保存,如果所需保存的是没有保存过的图像文件,那么选择菜单栏中的“文件”→“存储”命令,会打开“存储为”对话框。在该对话框中,设置所需保存图像文件的参数选项,单击“保存”按钮即可保存该图像文件。如果保存的是已经存档的图像文件,那么选择“存储”命令将直接保存该图像文件而不打开“存储为”对话框。

(4) 图像的导入与导出。使用 Photoshop 的导入和导出功能,可以实现与其他软件之间的数据交互,即指 Photoshop 支持不同应用程序之间的数据交换。例如,用户可以选择“导入”命令,将扫描仪与 Photoshop 交互使用,使扫描后的图像文件直接在 Photoshop 中处理和保存。

(5) 调整图像画面尺寸和分辨率。图像文件的大小、图像的画面尺寸和图像分辨率是一组相互关联的图像属性,在图像处理的过程中,会经常需要对它们进行设置或调整。

在创建新图像文件时,可以在“新建”对话框中定义新建图像的画面尺寸。要调整已创



建的图像文件尺寸，可以通过在“画布大小”对话框中设置参数选项，改变原图像文件的大小、打印尺寸以及图像分辨率。

使用“图像大小”对话框，不仅可以调整图像文件的大小，还可以调节图像画面的分辨率。选择“图像”→“图像大小”命令，可以打开“图像大小”对话框。在该对话框的“像素大小”选项区域中，可以设置图像文件的显示分辨率大小，该参数数值决定图像文件在显示器上的显示尺寸。“文档大小”选项区域用于设置图像文件尺寸和图像分辨率。启用“约束比例”复选框，在更改图像文件的宽度和高度参数时，系统会根据图像原有的宽高比自动调整另一个参数。

（6）撤销与恢复处理图像的操作。在处理图像过程中，常常会需要撤销或恢复已执行的命令或操作。用户通过使用 Photoshop CS3 中的“编辑”菜单下的相关命令和历史记录调板，可以撤销与恢复之前进行的图像处理操作步骤。

#### 4. Photoshop CS 中的文字处理

在 Photoshop CS 图像处理中，文字工具的使用是制作各种文字图形最基本的工具，结合着滤镜效果和色彩的填充会使文字更加绚丽多彩。图 6.11 所示文字效果的制作步骤如下：

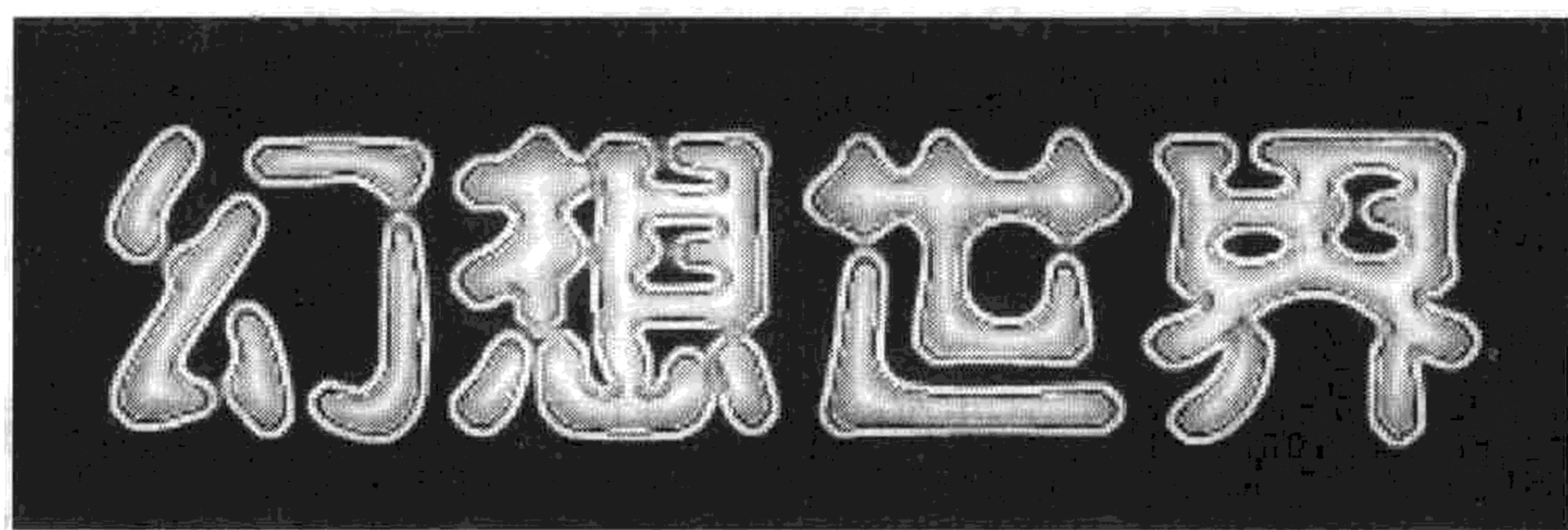


图 6.11 文字处理

- （1）新建 360×100 图像。
- （2）新建通道 Alpha1，用文本工具输入白色文字。
- （3）载入选区，使用“选择-修改-平滑”，3 像素。
- （4）设置前景色为白色，使用“编辑-描边”，居外 2 像素。
- （5）使用“滤镜-模糊-高斯模糊”，半径 4 像素。
- （6）使用“滤镜-风格化-查找边缘”。
- （7）全选并复制，选择背景层，粘贴。
- （8）使用“图像-调整-变化”，调节为喜欢的颜色。
- （9）选择并双击画笔工具，在画笔面板中选择应用方式为颜色。
- （10）选择不同的颜色用画笔随意描涂。
- （11）保存，完成制作。

## 6.6 动画处理技术

动画是由一系列静止画面按一定的顺序排列而成，这些静态的画面称为动画的帧，每一帧与相邻的帧略有不同。当帧画面以一定的速度连续播放时，由于视觉的暂留现象造成了连续的动态效果。

### 6.6.1 基础知识

#### 1. 动画的种类

根据动画画面形成的规则和形式,动画可以分为过程动画、运动动画和变形动画。

(1) 过程动画。指根据程序员或用户提供的指令进行运动的动画,这些指令也称为脚本 (Script)。动画中运动的主体称为角色 (Actor),角色按照用户描述的路径进行运动。过程动画最适合于描述一个实体构造和建筑过程,如演示或模拟复杂几何形体怎样由简单形体拼接而成等。有些多媒体创作软件就是模仿过程动画的方法来安排程序动作的。

(2) 运动动画。物体的运动一般由运动物体的物理规律进行描述。它能够真实地再现如物体的碰撞、小球反弹、抛射体的运动轨迹以及实验室或自然界所发生的、可以根据数学公式进行描述和处理的其他现象。

(3) 变形动画。变形动画 (Morphing) 是近年来很流行的一种动画形式,通过连续地颜色插值和路径变化,可以将一幅画面渐变为另一幅画面。

#### 2. 动画文件格式

(1) FLIC 动画。早期的 FLIC 动画只支持分辨率为  $320 \times 200$ 、颜色深度为 256 色的动画,其文件的扩展名为 .FLI。较新版本支持的分辨率和颜色深度都比较高,动画的扩展名也改为 .FLC。在 Windows 下播放 FLIC 动画一般用 MCI 驱动程序和相应播放程序 APlay,这个程序不但能够播放动画,还能加入声音,增强播放效果。在应用程序中也可以实现对 FLIC 动画的播放。

(2) MMM 动画。MMM 格式的动画用 Director 生成,一般集成在完整的应用程序中,单独出现的文件比较少。

### 6.6.2 动画处理软件 Flash

Flash 是美国 Macromedia 公司推出的一款动画制作软件,以其便捷、完美、舒适的动画编辑环境,深受动画制作爱好者的喜爱。

#### 1. Flash 简介

Flash 动画实际是由一系列静止画面 (主要是矢量图形) 组成的,通过这些图形的变化和运动,产生动画电影的效果,它属于流媒体文件,具有交互性。

Flash 动画的类型主要分为逐帧动画和补间动画。逐帧动画由许多连续的关键帧组成,每个关键帧中创建不同的内容。播放时,逐帧显示呈现动画形式。补间动画只需要创建起始帧和结束帧,中间的变化过程由 Flash 自动生成。它包括动作补间动画和形状补间动画。

#### 2. Flash 的组成

(1) 开始页。运行 Flash 首先是“开始页”,“开始页”将常用的任务都集中放在一个页面中,包括“打开最近项目”、“创建新项目”、“从模板创建”、“扩展”以及对官方资源的快速访问。如果要隐藏“开始页”,可以单击选择“不再显示此对话框”,然后在弹出的对话框单击“确定”按钮。如果要再次显示开始页,可以通过选择“编辑”→“首选参数”命令,打开“首选参数”对话框,然后在“常规”类别中设置“启动时”选项为“显示开始页”即可。

(2) 工作窗口。在“开始页”,选择“创建新项目”下的“Flash 文档”,这样就启动 Flash 8 的工作窗口并新建一个影片文档,如图 6.12 所示。



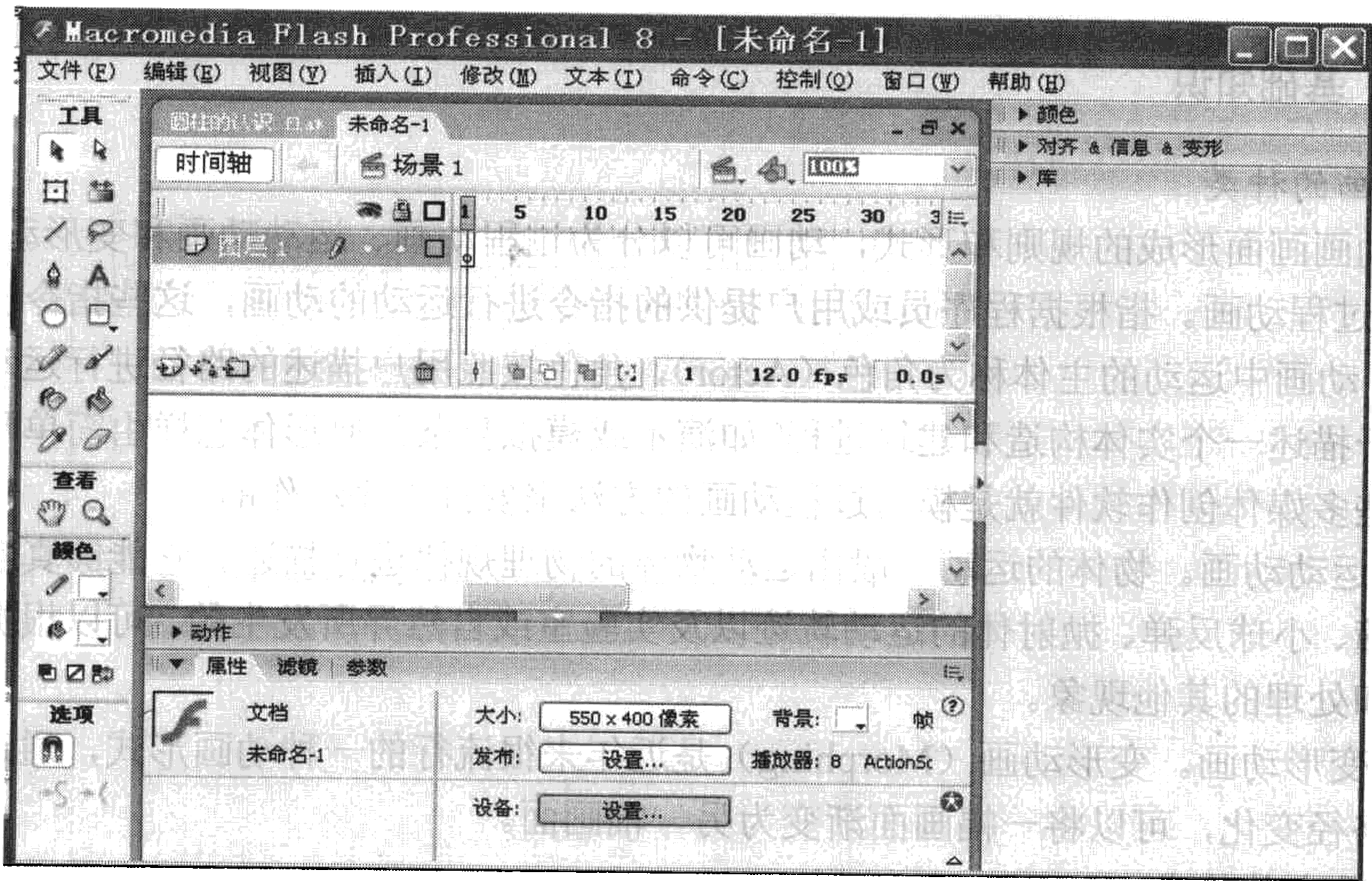


图 6.12 Flash 的工作窗口

Flash 的工作窗口由标题栏、菜单栏、主工具栏、文档选项卡、编辑栏、时间轴、工作区和舞台、工具箱以及各种面板组成。

窗口最上方的是“标题栏”，自左到右依次为控制菜单按钮、软件名称、当前编辑的文档名称和窗口控制按钮。

“标题栏”下方是“菜单栏”，在其下拉菜单中提供了几乎所有的 Flash 8 命令项，通过执行它们可以满足用户的不同需求。

“菜单栏”下方是“主工具栏”，通过它可以快捷地使用 Flash 8 的控制命令。

“主工具栏”的下方是“文档选项卡”，主要用于切换当前要编辑的文档，其右侧是文档控制按钮。在“文档选项卡”上右击，还可以在弹出的快捷菜单中使用常用的文件控制命令。



“文档选项卡”下方是“编辑栏”，可以用于“时间轴”的隐藏或显示、“编辑场景”或“编辑元件”的切换、舞台显示比例设置等，如图 6.13 时间轴所示。

“编辑栏”下方是“时间轴”，用于组织和控制文档内容在一定时间内播放的图层数和帧数。



时间轴左侧是图层，图层就像堆叠在一起的多张幻灯胶片一样，在舞台上一层层地向上叠加。如果上面一个图层上没有内容，就可以透过它看到下面的图层。

Flash 中有普通层、引导层、遮罩层和被遮罩层 4 种图层类型，为了便于图层的管理，用户还可以使用图层文件夹。

“时间轴”下方是“工作区”和“舞台”。舞台是放置动画内容的矩形区域，这些内容可以是矢量插图、文本框、按钮、导入的位图图形或视频剪辑等。工作时根据需要可以改变“舞台”显示的比例大小，可以在“时间轴”右上角的“显示比例”中设置显示比例，最小比例为 8%，最大比例为 2000%，在下拉菜单中有三个选项，“符合窗口大小”选项用来自动调节到最合适的舞台比例大小；“显示帧”选项可以显示当前帧的内容；“全部显示”选项能显示整个工作区中包括在“舞台”之外的元素，如图 6.14 所示。

选择工具箱中的“手形工具”，在舞台上拖动鼠标可平移舞台；选择“缩放工具”，在舞台上单击可放大或缩放舞台的显示；选择“缩放工具”后，在工具箱的“选项”下会显示



出两个按钮，分别为“放大”和“缩小”，分别单击它们可在“放大视图工具”与“缩小视图工具”之间切换，如图 6.14 工具箱所示。选择“缩放工具”后，按住键盘上的 Alt 键，单击舞台，可快捷缩小视图。

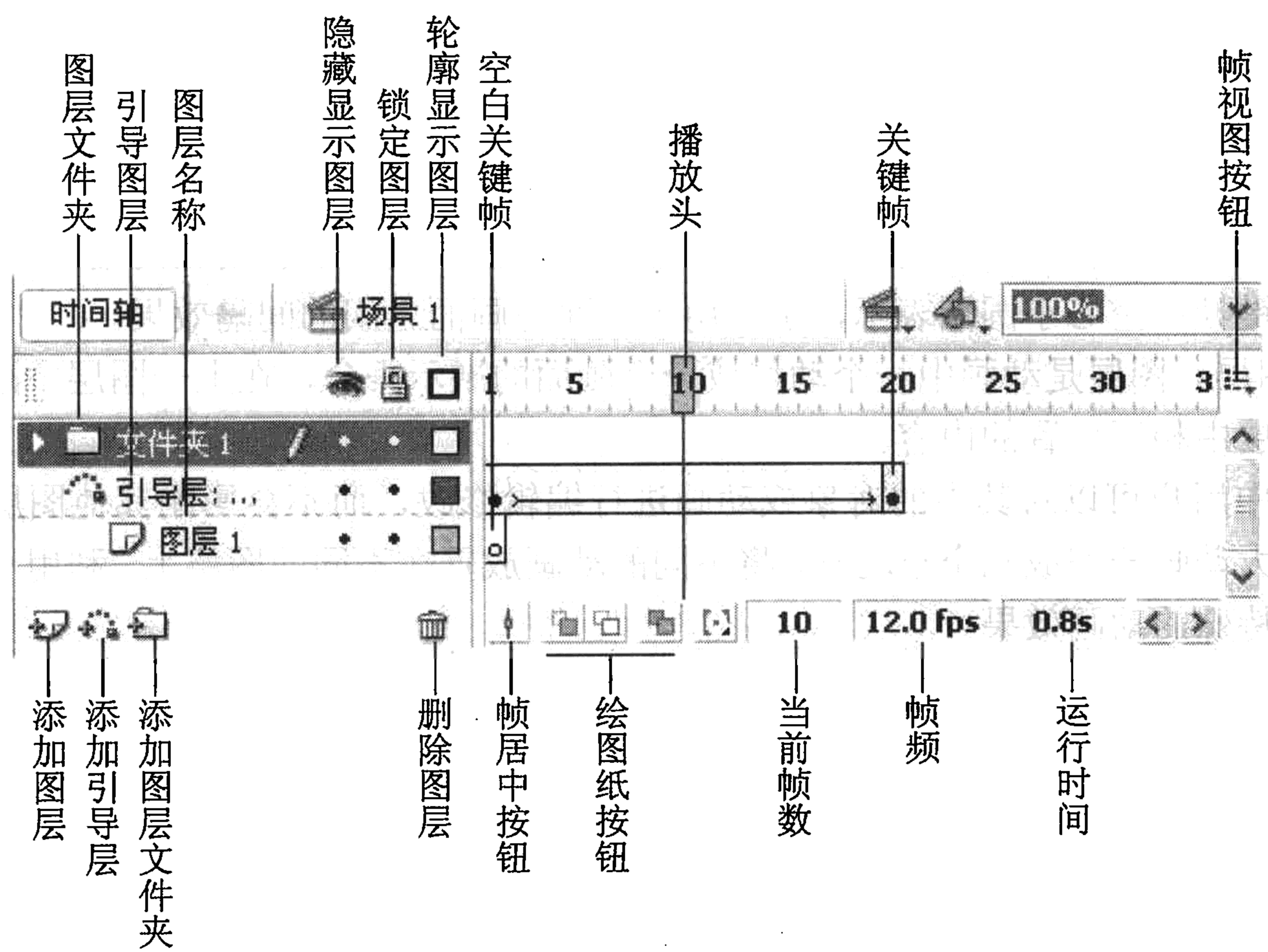


图 6.13 时间轴

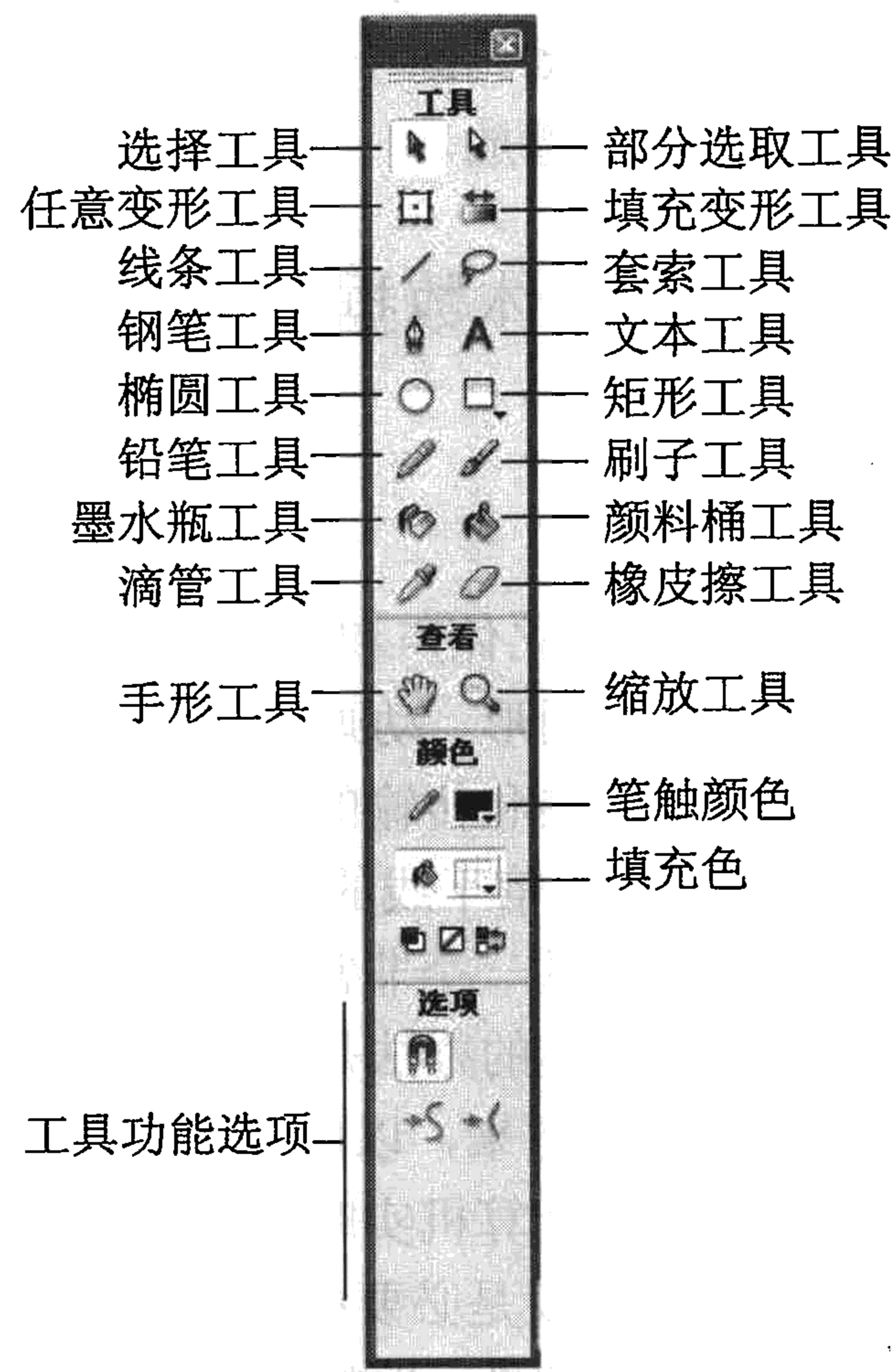


图 6.14 工具箱



（3）帧。动画中每一个画面就是一个帧，可以把帧看作是动画中在最短时间单位里出现的画面。帧越多，动画播放需要播放的画面也越多。帧在 Flash 动画中的作用和电影胶片中所起的作用类似，就是可以表现画面的内容。而且在帧中还能够添加帧标签或 Action 语句，对动画中的元件进行运算和控制。

帧可分为关键帧、普通帧和空白关键帧三类。

关键帧：实心黑色小圆圈表示，用于定义动画的变化过程，是动画中有关键性内容或变化的帧。

普通帧：在时间轴面板中用一个空心矩形表示，主要用于延长动画的播放时间。

空白关键帧：空心小圆圈表示，主要用于画面与画面之间的间隔效果。

（4）图层。图层是动画中一个动作或一个画面的展示平台，在上一图层中添加内容，会遮住下一图层中相同位置的内容。

在图层中用户可以对其中的对象或动画进行编辑修改，而不会影响其他图层中的内容，可以将一个大动画分解成几个小动画，将不同的动画放置在不同的图层上，利用一些特殊的图层可以制作特殊的动画效果。

（5）元件。是在 Flash 中创建的图形、按钮或影片剪辑。它只需创建一次，然后即可在整个文档或其他文档中重复使用。用户创建的任何元件都会自动成为当前文档的库的一部分。使用元件可以显著减小文件的大小，还可用于静态图像，并可用来创建连接到主时间轴的可重用动画片段。

元件分为图形元件、按钮元件和影片剪辑元件三种类型。图形元件用于创建可反复使用的图形，但不能添加交互动作和声音控制；按钮元件用于创建动画的交互控制按钮，以响应鼠标事件，包括“弹起”、“指针经过”、“按下”、“点击”4种状态，可以添加事件的交互动作，使按钮具有交互功能；影片剪辑元件，主动画的一个组成部分，也是一段动画且可独立播放，当播放主动画时，影片剪辑元件也在循环播放。

## 6.7 多媒体数据压缩技术

### 6.7.1 多媒体压缩的必要性和可行性

多媒体计算机系统是面向三维图形、立体声和彩色全屏幕运动画面的处理技术。数字计算机面临的是数值、文字、语言、音乐、图形、动画、静图像、电视视频图像等多种媒体承载的由模拟量转化成数字量信息的吞吐、存储和传输的问题。数字化了的视频和音频的数据量之大是非常惊人的，给存储器的存储容量、通信干线的信道传输率以及计算机的速度都增加了极大的压力。这个问题是多媒体技术发展中的一个非常棘手的瓶颈问题，解决这一问题，单纯地用扩大存储器容量、增加通信干线的传输率的办法是不现实的。数据压缩技术是个行之有效的方法，通过数据压缩手段把信息数据量压下来，以压缩形式存储和传输，既节约了存储空间，又提高了通信干线的传输效率，同时也使计算机实时处理音频、视频信息，以保证播放出高质量的视频、音频节目。多媒体数据压缩不仅是必要的而且也是可能的，原因是多媒体文、声、静图像、视频图像等信源数据有极强的相关性，也就是说有大量的冗余信息。数据压缩就是将庞大数据中的冗余信息去掉（去除数据之间的相关性），保留相互独立的信息分量。

### 6.7.2 数据压缩方法

数据压缩可分成两种类型：无损压缩和有损压缩。

(1) 无损压缩是指使用压缩的数据进行重构（或者叫做还原，解压缩），重构后的数据与原来的数据完全相同；无损压缩用于要求重构的信号与原始信号完全一致的场合。一个很常见的例子是磁盘文件的压缩。根据目前的技术水平，无损压缩算法一般可以把普通文件的数据压缩到原来的  $1/2 \sim 1/4$ 。一些常用的无损压缩算法有霍夫曼（Huffman）算法和行程编码（Run Length Encoding, RLE）算法等。

(2) 有损压缩是指使用压缩后的数据进行重构，重构后的数据与原来的数据有所不同，但不影响人们对原始资料表达的信息的误解。有损压缩适用于重构信号不一定非要和原始信号完全相同的场合。例如，图像和声音的压缩就可以采用有损压缩，因为其中包含的数据往往多于我们的视觉系统和听觉系统所能接收的信息，丢掉一些数据不至于对声音或图像所表达的意思产生误解，但可大大提高压缩比。其中，目前使用最多和技术最成熟的是无损压缩，它包括4种编码：霍夫曼编码、算术编码、RLE编码和词典编码。

### 思考题与习题

1. 什么是媒体？一般分为几种？
2. 计算机多媒体术语的内涵是什么？
3. 多媒体有几种特征？
4. 请画出多媒体系统的层次结构图。
5. 多媒体技术的研究和应用主要在哪几个方面？
6. 如何理解多媒体数据的表示技术？主要体现在哪几方面？
7. 常用的多媒体编著软件分为哪几类？各有什么特点？
8. 请举出计算机中常用的图像文件格式，并做简要说明？
9. 手绘一张图稿，扫描后用 Photoshop 提取黑色墨线，再给图像上色。
10. 试述帧、图层、元件的概念和作用。
11. 总结一下本章中介绍的各种多媒体文件的类型、格式有哪些？如声音文件、图像文件有哪几种格式，各有什么特点。
12. 如何理解数据压缩技术？



## 第7章 计算机安全技术

### 本章学习目标

随着信息时代的到来,计算机应用的不断深入和发展,电子信息技术已经应用到政治、经济、军事、科学、教育文化和家庭等社会的各个领域,改变了传统的事务处理方式,并取得了显著的社会和经济效益。然而,由于计算机系统本身的特点和不安全性,计算机系统内的数据很容易受到非授权人员的更改、删除、销毁等有意或无意的攻击,从而直接威胁了各行各业的发展和国家的机密、财产的安全,干扰他人的正常生活。所以计算机安全已经成为评估计算机系统必不可少的重要指标,以计算机为核心的信息安全问题的研究也越来越重要,普及计算机安全知识,增强全民的计算机安全意识,保护计算机应用事业健康发展迫在眉睫。

本章主要介绍计算机系统安全的概念、信息加密技术、防御技术、虚拟专用网、计算机病毒和计算机职业道德与计算机犯罪等相关的内容。

### 7.1 计算机系统安全的概念

计算机安全是由计算机管理派生出来的一门科学技术,其研究目的是为了改善计算机系统和应用中的某些不可靠因素,以保证计算机正常运行和其运算结果的正确。计算机作为现代高科技发展的产物,由于它具有很高的运算速度和很强的处理能力,所以已经成为解决科学计算、事务处理、技术设计和各种各样自动控制等问题的最有效工具,人们的活动几乎每天都离不开它。但是,无论是单机系统、多机系统,还是网络系统,它们都将提供给多个用户使用。一般来说,每个人都可以合法或非法地上机操作,但对怀有非常目的的用户来说,他们更可能会利用所掌握的上机使用权限,对计算机及所存放的信息进行有意或无意的破坏、窃取及篡改,使主权用户遭受损失,甚至造成严重的灾难。如何防止上述这些可能发生的情况和事件呢?这就是计算机安全所要研究和解决的问题。

自20世纪60年代末至今,计算机安全问题一直是人们所关心的一个社会问题。从20世纪90年代开始,随着信息时代的到来,计算机通信被广泛应用,人们对计算机软硬件的功能和组成以及各种开发、维护工具的了解,对信息重要性的认识,都达到了相当高的水平;同时,各种计算机犯罪事件也频频发生。因此,计算机安全已经成为各国政府和军队、机关、企事业单位关注的热点,我国也不例外。

多年来,我国公安部在国内外众多说法的基础上,提出了计算机安全的概念:计算机系统的硬件、软件、数据受到保护,不因偶然的或恶意的原因而遭到破坏、更改、显露,系统连续正常运行。

反过来,计算机的不安全称为计算机危害。对照计算机安全的概念,计算机危害的概念

就是：计算机系统的硬件、软件、数据未受到保护，因偶然的或恶意的原因而遭到破坏、更改、显露，系统不能连续正常运行。

上述定义，既说清了计算机安全的本质和核心，又顾及到了安全所涉及到的方面。

安全对抗的核心对象是计算机信息系统。

定义中所提的计算机系统，指的是信息系统赖以存在的实体和依赖于计算机实体所生成及运行的信息系统。

所谓计算机系统实体，应包括计算机本身的硬件、软件、数据和各种接口，也应包括各种相应的外部设备，还应包括形成计算机网络时应有的通信设备和线路、信道。计算机系统之有用，是在形成了计算机信息系统之后。计算机系统实体本身再昂贵也是有价的；而信息系统则是无价的，它的损害往往是无法弥补、难以挽回的。

“系统连续正常运行”，进一步阐明了信息系统的动态安全，保证了信息系统正常运转，为我所用，发挥应有效益。

“保护”的终极目标是信息系统的安全。为此，必须保护计算机系统实体及其所在的环境。所谓环境，不仅是指机房等物理环境，更重要的是系统所处的社会人文环境。

不言而喻，计算机系统、物理环境和社会人文环境，皆为人控制，各种计算机危害，除了难以预知和抗拒的天灾，都是人为所致的。唯有依靠人，采取技术的、管理的和法律的得力措施，才能把计算机危害抑制到最低限度。

## 7.2 信息加密技术

在今天的信息社会里，通信安全保密问题的研究已不仅仅出于军事、政治和外交上的需要。科学技术的研究和发展及商业等方面，无一不与信息相关。由于信息是共享的，信息的扩散会产生社会影响，所以保护信息的安全是信息时代的迫切需要。因此，密码学从此也成为一门新的学科，引起了数学家和计算机科学工作者日益浓厚的兴趣。

### 7.2.1 密码的目的和用途

信息在传输过程中受到的安全威胁，要比信息在存储和处理过程中受到的安全威胁更大。因为传输信息的通信线路难以沿线在实体上防护。在线路本身并不安全的环境下，所传输信息经过加密变换处理而成密码，是最为有效安全的措施。

#### 1. 密码的目的

(1) 保护线路所传输信息的机密性，即使信息被非法截获，也会因不懂密码含义而达不到截获信息的目的。

(2) 保护线路所传输信息的完整性。

(3) 保护线路所传输信息的真实性。

#### 2. 密码的用途

(1) 局域网中信息保护。随着信息管理系统和办公自动化的推广应用，由微型计算机组成的局域网络已经得到广泛使用。在网络上窃取、篡改和破坏数据屡有发生。尤其是卫星微波接收作为一种信息传输方式，凡是架设有天线的接收者都能非法截获到信息。显然，为了使这种信息只能被指定的接收者识别，而其他接收者都不能识别而加以利用，这就需要把信息变换



成密码。

（2）软盘信息保护。软盘作为微型计算机的外存储器得到大量使用，对软盘信息最常见的安全威胁就是非法复制。防止复制有若干方法，它们大都与盘片构造或读出方式密切相关。

（3）文件保密。在微型计算机内把带有机密文件的数据加密存储后，只有有特权的工作人员可以取用。当多用户共同使用数据库和通信系统时，对文件加密也是保证信息安全的有效办法。

（4）识别真伪的鉴定保护。用于识别数据通信对方身份的真伪。现在用一个例子说明。这是计算机鉴定远程通信终端身份的过程。先是计算机对鉴定数据  $M$  进行加密后传输至终端，终端再对它进行解密，并把鉴定数据  $M$  变成  $N$ ，然后再继续加密返回至计算机。如果终端身份为非法，它就不能正确地解密，所以在计算机的一端就可以判别真伪。如果把此鉴定过程用于远程终端对机密文件进行存取，就起到“口令字”作用以识别存取合法性。

### 7.2.2 基本术语

密码学是一门古老的科学，计算机对密码学的发展产生了巨大的影响和推动作用。研究编制密码的科学称为密码编码学，研究破译密码的科学称为密码分析学，而密码编码学和密码分析学共同组成密码学。

密码技术的基本思想是伪装信息，使不是授权者无法理解它的真正意义。所谓伪装就是对信息进行一组可逆的数字变换。伪装前的原始信息称为明文，伪装后的信息称为密文，伪装的过程称为加密。加密在加密密钥的控制下进行。用于对数据加密的一组数字变换称为加密算法。发信者将明文数据加密成密文，然后将密文数据送入数据通信网络或存入计算机文件。授权的收信者接到密文后，运用与加密时相逆的变换，去掉密文的伪装恢复出明文，这一过程成为解密。解密在解密密钥控制下进行，用于解密的一组数字变换称为解密算法。因为数据以密文的形式存储在计算机文件中，或在数据通信网络中传输，因此，即使数据被未授权者非法截获或因系统故障和操作人员误操作而造成数据泄密，未授权者也不能真正理解它的真正含义，从而达到数据保密的目的。同样，未授权者也不能伪造合理的密文，因而不能篡改数据，从而达到确保数据真实性的目的。

一个密码系统包括明文空间  $M$ 、密文空间  $C$ 、密钥空间  $K$  和算法，密码系统的两个基本单元是算法和密钥。算法是一些公式、法则或程序，规定明文和密文之间的变换方法。密钥可以看成是算法中的参数。在一个密码系统中，算法是相对稳定的。不能设想在一个系统中经常改变算法，在这种意义下可以把算法视作常量，而密钥则作变量。可以根据事先约定好的安排，或者每逢一个新信息改变一个密钥，或者每天更换一次密钥。为了密码系统的安全，频繁地更换密钥是必要的。由于种种原因，算法是不能保密的，因此，常认定算法是公开的，真正需要保密的是密钥。可见，在分发密钥时要特别小心。

那么，把加密过程记为  $E$ ；解密过程记为  $D$ ；从截获的密文推断出原来的明文的过程称为密码分析。保密通信系统模型如图 7.1 所示。总之，一个密码系统对于合法的通信双方来讲，加解密变换容易进行，而对于密码分析员来说，由密文推导出明文是困难的。

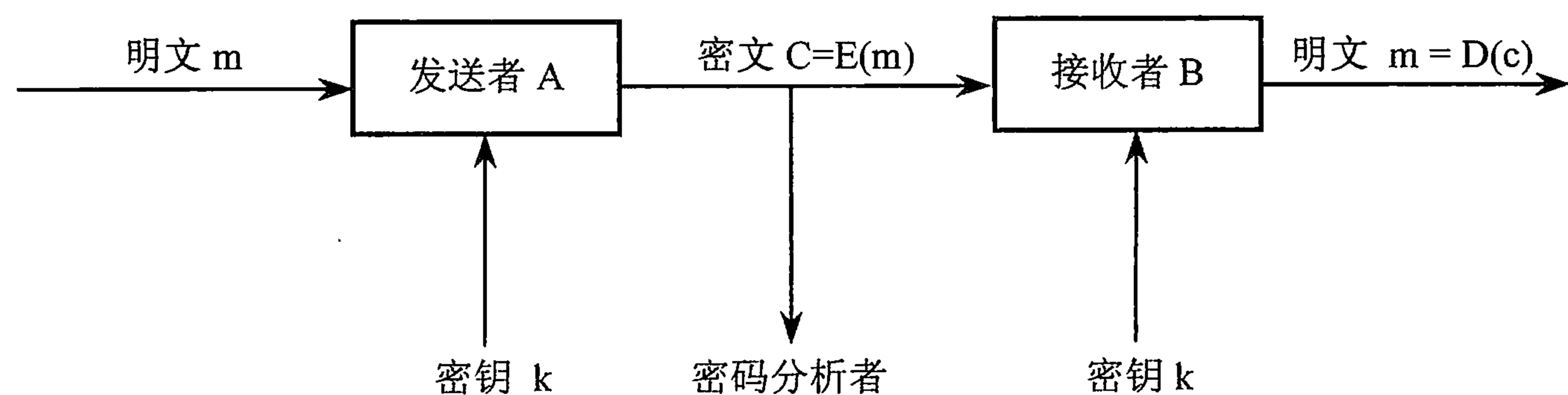


图 7.1 保密通信系统模型

7.2.3 加密方法

从密码学诞生开始到现在，产生了许多许多的加密方法。在这里，简单地介绍一些常用的加密方法。

1. 置换密码

置换密码是把明文采用重新安排各字符或位次序的方法。解密则是恢复其原来次序的反处理过程。置换的方式有很多，最简单的置换密码是把明文中的字母次序颠倒过来，然后分成固定长度的字母组作密文。如图 7.2 所示为置换加密，把明文 6 个为一组，并以 632451 的次序重新排列，这种次序就构成了加密密钥。

明文	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
密钥:												
	6	3	2	4	5	1						
	F	C	B	D	E	A						
	L	I	H	J	K	G						
密文	F	C	B	D	E	A	L	I	H	J	K	G

图 7.2 置换加密

可以看出，置换密码比较简单，经不起攻击。但是，把它与其他加密方法相结合，可以得到十分有效的密码。

2. 简单代替密码

简单代替指明文中每个字符以相应的密文字符代替，对整个消息加密采用一个从明文至密文的一一映射。首先构造一个或多个密文字母表，然后用密文字母表中的字母或字母组来代替明文字母表中的字母或字母组。各字母或字母组的相对位置不变，但其本身改变了，如此编成的密码称为代替密码。按代替过程所使用的密文字母的个数可将代替密码分为单表代替密码、多表代替密码和多名代替密码。

3. 现代密码体制

以上所讲的一些简单的、典型的加密方法，称为古典密码。现代密码体制是以现代数学为基础，用电子计算机实现加密、解密运算的一种方法，是从古典密码进化、演变来的。现代密码体制的萌芽是弗纳姆（Vernam）加密方法。

弗纳姆(Vernam)密码又叫一次一密密码，它是由美国电报电话公司的 G.W.Vernam 于 1917 年发明的，实际上它是用同明文一样长的随机密钥加密的。可以证明这种一次一密密码是唯一



的绝对安全的密码，但是它的缺点也是显而易见的，它要求密钥和明文一样长，并且该密钥只能使用一次，这在实际应用中非常不便，通常只有在极特殊的场合才使用。弗纳姆（Vernam）密码的明文、密钥和密文均用二元数字序列表示。要编制弗纳姆（Vernam）密码，只需先把明文和密钥表示成二元序列，再把它们按位模 2 相加，就可得到密文。而解密只需把密文和密钥的二元序列按位模 2 相加便可得到明文。

#### 4. 序列密码体制

虽然一次一密的效果很好，但密钥太长，既不好传送也不好处理。后来就改用两个不同长度的密钥序列，其长度分别为  $j$  和  $k$ （互素），同步作模 2 加操作，产生一个新的密码序列，其长度为  $j \times k$ 。只要  $j$ 、 $k$  取得适当大，就能产生一次一密的效果，也就解决了密码序列不好传送、不好处理的问题。序列密码体制是用伪随机序列作为密钥序列的加密体制的。序列密码又称为密钥流密码。这种体制的保密性完全在于密钥的随机性。如果密钥是真正的随机数，则这种体制就是理论上不可破的。

#### 5. 分组密码体制

分组密码体制是把明文划分为固定的  $n$  比特的数据组，然后以组为单位，在密钥的控制下进行一系列的线性或非线性的变化而得到密文。解密时也按同样的分组进行。它的一个重要特点就是：当给定一个密钥后，若明文分组相同，那么变换出密文分组也相同，在分组交换网有着广泛的应用。

（1）DES 密码体制。美国国家标准局为了能使在政府部门进行信息处理时保证数据的安全，自 1971 年开始研究数据密码的标准化，并于 1977 年公布了由 IBM 公司提出的一种加密算法作为非机密部门使用的数据加密标准，简记 DES，使用期限定为 10 年。由于新的数据加密标准迟迟未能推出，所以 DES 目前还在超期使用。

DES 是适应计算机环境的近代对称密码体制的一个典型，是目前为止最成功和使用最广泛的对称密码方案。它的一个非常重要的应用是银行交易，在银行交易中使用了美国银行协会开发的标准。DES 用于加密个人身份识别号（PIN）和通过 ATM 进行记账交易等。但同时也存在着一些弱点和不足，如没有公布 DES 的设计原理；密钥长度太短；乘积交换的迭代次数太少等。

（2）公钥密码体制（RSA 加密算法）。RSA 是公钥密码体制中最成功的一种。它的基本思想是 Diffie 和 Hellman 在斯坦福提出的基于求解离散对象问题困难性的密钥交换体制、Rabin 的基于整数分解困难性的 RSA 体制的变形、基于离散对象的 Diffie-Hellman 体制、ElGamal 体制等。

自 RSA 算法公布以来，公开密钥密码算法在信息交换过程中广泛使用，安全性比较高。以当前计算机水平，如选择 1024 位长的密钥就认为是无法攻破的。随着素数的生成与检测的快速算法、大数的模幂运算的实现技术和并行算法、大数的存储技术等新技术的研究与发展，RSA 公开密钥密码的实用性和应用范围不断扩大，它的安全性优势将得到充分发挥。它不仅可用于加密，还可用于数字签名，即信息的接受者能够验证发送者的身份，而发送者在发送已签名的信息后不能否认，并为用户的公开密钥签发公钥证书、发放证书、管理证书等。在当今的信息交换过程中呈现出越来越重要的作用。

#### 7.2.4 加密标准的必要性

在计算机信息工程上，为何需要有一种数据加密标准？这是因为在使用上为各家厂商制造的加密系统提供兼容性。对使用保密通信的用户，只需购置一对加解密设备安装于通信线路

两端，并置入相应密钥即可，谈不上需要一个加密标准。颁布一个公认的标准，反而不利于保密自身存在。当通信范围只涉及有统一管辖权的企事业单位内部，在采用加密方法保护传输信息时，不会出现若干组织管理上的麻烦。即使出现一些问题，也易在具体实现上协调一致。迄今为止，一个企事业单位内部进行保密通信，多是在租用线路的专有通信网络上实施。在这种情况下，也没有必要有数据加密标准。

在不同组织间进行保密通信，就并非轻而易举。这是因为各组织选用的加解密设备因来自各厂家而有所不同。在这种情况下，加密设备完全不兼容。这不但不能进行保密通信，也不能进行其他通信。20世纪80年代以来，随着国际间商贸往来和繁荣的总趋势，计算机通信网络互连系统已成为主流。国际标准化组织（ISO）为开放系统互连（OSI）颁布了七层通信网络协议。此标准通信协议各层间关系，又为加密方法实施带来新的限制。1989年，ISO颁布了ISO-OSI网络安全体系结构。由此可见，为实现网络保密通信以及各种设备间的兼容性，有必要有一个广为应用的数据加密标准。

一个公认的标准，必然要有公开的知识。加密标准显然与密码学的传统观点背道而驰。多少年来人们力图把加密算法的具体实现当作一种机密。显然，数据加密标准就必然要公开算法本身。对此，一个数据加密标准的基本要求是：

- (1) 它必须有高保密度。
- (2) 它必须有完整说明并易于理解。
- (3) 此算法的安全性，并非建立于算法本身的保密性。
- (4) 它必须能为所有用户和制造商所用。
- (5) 它必须适合于各种应用环境。
- (6) 在电子设备实现上它必须经济和高效。
- (7) 它必须经得起实际验证。
- (8) 它必须与国际有关标准相兼容。

### 7.2.5 密码分析学

密码分析学是研究在不掌握密钥的情况下，利用密码体制的弱点来恢复明文的一门学科。对密码的攻击主要可分为以下几种：

(1) 密文攻击。密文攻击即密码分析者仅仅掌握若干密文。不言而喻，这些密文都是用同一加密算法和密钥加密的。密码分析者的任务是尽可能多地恢复明文或推算出密钥。找出密钥就可以一劳永逸地推算出其他被加密的信息。

(2) 已知明文攻击。密码分析者不仅掌握若干密文，还知道对应的明文本身。密码分析者利用它推出用来加密的密钥或导出加密算法。显然，已知明文攻击较之唯密文攻击有更强的攻击力，掌握的关于该密码的信息也更多。

(3) 选择明文攻击。密码分析者不仅获得若干密文及其相应的明文，而且对掌握的明文还加以挑选。明文是经过选择的，必然提供了更多可供破译的信息，攻击力更强了。

一般说来，好的加密算法是可以公开的，也是不怕公开的。公开了不会从根本上有利于攻击。只要敌方不掌握密钥，谁也没有有效的办法从密文恢复明文。请注意这里指的是有效的算法，数据加密标准DES就是这样。不过新拟议中的美国加密标准还是打算将算法隐蔽起来，这样当然会给攻击者增加麻烦，但目的不是全靠算法保密来达到安全的。



## 7.3 防御技术

纵观目前现有的计算机安全技术，如端到端的加密、解密、密钥的管理等都已经能够保障用户端到端的安全传输。但对于 Internet 这样一个全球性的大网络，由于用户的数量太大，使得为每一个用户都维护一个很好的安全保障系统比较困难，对于一个用户集团，希望用户子网内部的成员进入 Internet 时受到某种约束，同时也能够保护资源不会流失，于是在计算机的防御技术中提出了“防火墙”的概念，即在用户子网中将所有用户安全控制交给一个独立的设备来进行，使其资源不受网络外的环境影响。

### 7.3.1 防火墙的概念

防火墙的核心思想是在不安全的 Internet 环境中构造一个相对安全的子网环境。其目的就是保护一个网络不受另一个网络的攻击。通常说来，被保护的网路属于内部网络，而所要防备的网络则是一个外部网络，该网络是不可信赖的。因此，对于破坏安全的网上攻击，应采取的防御保护措施就包括两点：一是拒绝未经授权的用户访问，阻止未经授权的用户存取敏感数据；二是允许合法用户不受妨碍地访问网络资源。防火墙的基本原理就源于这两个思想，可以把防火墙想象成一对开关，一个开关用来阻止传输，不允许数据分组流入、流出；另一个开关用来允许传输，让数据在两个网络之间自由通过。所以，防火墙是一种获取安全性的方法，是保障网络安全的手段，它有助于建立一个比较广泛的网络安全策略，并通过网络配置、主机系统、路由器以及身份证等手段来实现该安全策略，以便确定允许提供的服务和访问。

不同的防火墙侧重点不同，这就导致了防火墙的分类不同。从某种意义上说，防火墙实际上是一个网络的访问原则。如果某个网络决定设置防火墙，那么首先就需要由网络管理人员与网络专家共同决定本网络的安全策略，即确定哪些类型的信息允许通过防火墙，哪些类型的信息不允许通过防火墙。防火墙的职责就是根据本单位的安全策略，对外部网络与内部网络交流的数据进行检查，符合的予以放行，不符合的拒之门外。防火墙用来控制内部网络（Intranet）与外部 Internet 的连接，在 IP 协议层进行过滤和检查，主要用来选择可访问的 Internet 地址以及被访问的 Internet 地址，也可以禁止特定的协议通过相应的网络，在内部网（Intranet）与外部网之间实施安全防范的系统。它所起的作用是：

- 限制访问者进入一个被严格控制的点。
- 防止进攻者接近受到保护的设备。
- 限制人们离开一个严格控制的点。如图 7.3 所示为防火墙应用网络安全。

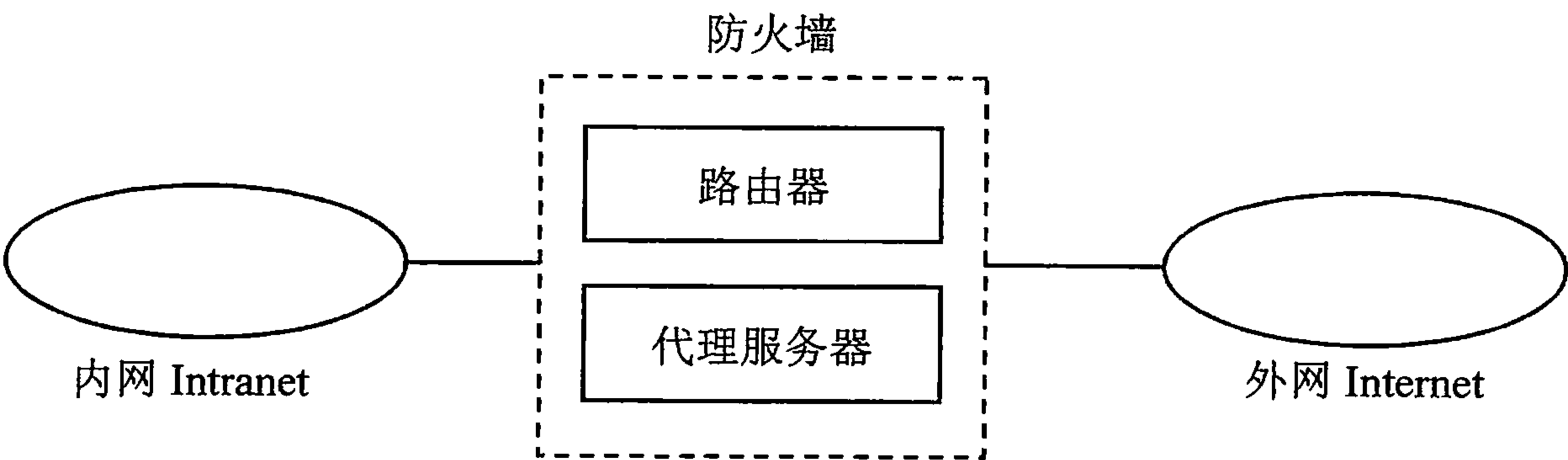


图 7.3 防火墙应用网络安全

防火墙是一种计算机防御技术中非常有效的安全模型，通过它可以隔离风险区域与安全区域的连接，同时不会妨碍人们对风险区域的访问。

### 7.3.2 防火墙技术

#### 1. 设计策略

防火墙系统的设计、安装和使用直接受到两个层次的网络策略的影响。高层次的策略特定于一个出口，称为网络访问策略。它定义保护网络中哪些服务是允许的，哪些服务是明确禁止的，这些服务是怎样被使用的以及对这个策略进行例外处理的条件。低层次的策略描述了防火墙实施中实际上是怎样体现实施高层次的策略，即怎样去限制访问和过滤服务，称为设计策略。

网络访问策略应该集中于特定 Internet 使用的进出口，或者所有外部网络的访问。该策略应该是关于一个组织机构的信息资源保护的整体策略。要使防火墙成功地实现安全目的，网络访问策略必须是切合实际的，并且需要在实现一个防火墙以前进行充分的考虑和收集。一个实际可用的策略应该在保护网络免受威胁和提供用户访问网络资源之间寻求一个平衡点。同时如果一个防火墙系统拒绝或限制服务，它通常需要加强网络访问策略来防止防火墙的访问控制被修改。防火墙设计策略定义实现网络访问策略所使用的规则。设计者不能在真空中设计这种策略，必须彻底、透彻地理解类似于防火墙能力和局限性、TCP/IP 相关的攻击和脆弱问题。

#### 2. 过滤技术

包过滤用于控制哪些数据包可以进出网络，哪些数据包应被网络拒绝。IP 包过滤通常是由包过滤路由器来完成，这种路由器除了完成通常情况下的路径选择外，还可以根据路由器中的包过滤规则做出是否允许该包通过的决定。

可以使用多种过滤方法阻塞进出网络的连接，也能阻塞对特定端口的连接。一个站点可能希望阻塞来自于不可信任主机的连接，而另一个站点可能希望除了允许 E-mail 外，阻塞来自外部所有地址的连接请求，使其由 IP 地址（源地址）所限制范围的地址发的任何数据包都无法到达。不过基于 IP 地址过滤的规则并不判断源 IP 地址的真实性，这就意味着伪装源 IP 地址的数据包能在一定程度上访问内部网络服务器。但是包过滤也存在许多缺点。首先，包过滤规则的制定是相当复杂的，通常没有现存的测试工具检验规则的正确性；其次，有些路由器不提供日志记录的能力。

#### 3. 应用网关

为了克服包过滤路由器的弱点，防火墙需要使用一些应用软件来转发和过滤网络所提供服务的连接，这种服务有时称为代理服务（Proxy service），而运行代理服务的主机称为应用网关。这些程序根据预先制定的安全规则将用户对外部网的服务请求向外提交、转发外部网对 Intranet 用户的访问。代理服务替代了用户和外部网的联接。一般代理服务位于内部网络用户和外部网络的服务之间，它在很大程度上对用户是透明的。在代理服务中，内部和外部各站点之间的联接被切断了，它们必须通过代理才可相互通信。应用网关和包过滤路由器能被有效结合来提供更高的安全性和灵活性。

### 7.3.3 防火墙的结构

#### 1. 包过滤防火墙

包过滤防火墙在小型、不复杂网络结构中最常使用，也非常容易安装。然而，与其他防



防火墙结构相比，用户需忍受它更多的缺点。通常，在 Internet 连接处安装包过滤路由器，在路由器中配置包过滤规则来阻塞或过滤报文的协议和地址。一般站点系统可直接访问 Internet，而从 Internet 到站点系统的多数访问被阻塞。

### 2. 双宿主网关防火墙

双宿主网关防火墙由一个带有两个网络接口的主机系统组成。一般情况下，这种主机可以充当与这台主机相连的网络之间的路由器。它将一个网络的数据包在无安全控制下传递到另一个网络。如果将这种双宿主主机安装到防火墙结构中作为一个双宿网关防火墙，它首先使得 IP 包的转发功能失效。特别要指出的是，作为防火墙的主机系统必须是非常安全的，主机中任何脆弱的服务或技术都能导致一个攻击者非法闯入，破坏防火墙并且完成一些攻击动作。

### 3. 过滤子网防火墙

过滤子网防火墙能在一个分割的系统上放置防火墙的每一个组件。虽然在一定程度上失去了简单性，但获得了非常高的吞吐量和灵活性。并且由于防火墙的每一个组件仅需实现一个特定任务，这使得系统配置不是很复杂。在该结构中由两个路由器创建一个内部的过滤子网，子网包含应用网关、信息服务器和其他需要进行访问控制的系统。

### 4. 过滤主机防火墙

过滤主机防火墙由一个包过滤路由器和一个位于路由器旁边保护子网的应用网关组成。应用网关仅需要一个网络接口，它的代理服务能传递代理存在的 FTP、Telnet 及其他服务到站点系统。路由器则过滤掉存在内在危险的协议到达应用网关和站点系统。

### 5. 调制解调器池

很多站点允许分布在各地点的调制解调器通过站点进行拨号访问，这是一个潜在的“后门”，它能使防火墙提供的防护失效。处理调制解调器的一种较好方法就是把它们集中在一个调制解调器池中，然后拨号用户先连接到终端服务器上后通过它进行安全连接到其他主机系统，这里的终端服务器是指把调制解调器连接到网络的专用计算机。

## 7.4 虚拟专用网

随着信息安全问题，尤其是计算机安全问题越来越突出，各大公司、企事业单位都将保护计算机安全作为首要任务。但是，对于拥有众多地理分散分支机构的大型企业和公司，建立物理上的专用网非常困难，它们必须通过公众网进行联系，这就要求企业选择基于电信服务商提供的公众网建立虚拟的专用网。

### 7.4.1 虚拟专用网的定义

虚拟专用网（VPN，Virtual Private Network）指的是在公用网络上建立专用网络的技术，之所以称为虚拟专用网主要是因为整个 VPN 网络的任意两个节点之间的连接并没有传统专网所需的端到端的物理链路，而是架构在公用网络服务商所提供的网络平台（如 INTERNET 等）之上的逻辑网络，用户数据在逻辑链路中进行传输。

采用 IP 通道技术的 VPN 服务是一种新的 VPN 服务概念，即 Extranet。所谓 Extranet，是指企业 Intranet 在公众网络上的扩展服务，包括两个方面：其一是对 VPDN（Virtual Private Dialog Network）拨号服务，企业 Internet 可以通过公众网的拨号设施和服务点，为移动用户提供拨

号访问企业 Intranet 的服务，而不需要采用长途拨号的方式；其二是企业多个办公地点通过公众 IP 服务网络进行互联，由公众 IP 服务网络提供 IP 通道技术来实现，这样企业网络只需要 N 条接入线就可以形成自己的专网，这是 VPN 最大的用途所在。

基于永久虚电路的 VPN 业务和基于 IP 的 VPN 业务相比，IP 层的 VPN 业务具有较大的价格优势，并且在 PVC 情况下，假设有 7 个办公地点需要互相通信，则需要租用 49 个 PVC，显然成本高并且网络复杂。当办公地点更多时，PVC 就非常难以管理。而基于 IP 的 VPN 业务只需要将各办公地点联入 IP 公众服务网即可。从管理上看，增加的是 VPN 的管理和各节点增加了相应的设备或系统设置。而利用 IP 公众服务网的 VPN 还可以充分利用网络提供的新型的接入技术，非常容易地进行网络接入带宽的升级。而在基于 IP 通道技术的 VPN 服务中，安全加密是 VPN 需要主要解决的问题。在公众 IP 服务网上提供专用的虚拟通道需要完整的加密安全机制。目前 IETF 正在制定相应的标准，常见的厂家标准有 3 种，即：PPTP 协议、L2F 协议和 IPSec 协议。

#### 7.4.2 虚拟专用网的作用

基于 Internet 建立的 VPN 的功能有：通过隧道或虚拟电路实现网络互联；支持用户安全管理；能够进行网络监控、故障诊断。根据不同功能的需要，可以构造不同类型的 VPN。不同的商业环境对 VPN 的要求和 VPN 所起的作用也是不一样的。目前主要有 3 种结构的 VPN：在公司总部和它的分支机构之间建立的 VPN，称为 IntranetVPN；在公司总部和远地员工或旅行中的员工之间建立的 VPN，称为远程访问 VPN；在公司和商业伙伴、顾客、供应商、投资者之间建立的 VPN，称为外部网 VPN。

IntranetVPN 是通过公共网络将一个组织的各分支机构的 LAN 连接而成的网络，它是公司网络的扩展。当一个数据传输通道的两个端点被认为是可信时，公司可以选择 IntranetVPN 解决方案。安全性主要在于加强两个 VPN 服务器之间的加密和认证手段上。通常可以把中心数据库或其他计算资源连接起来的各个局域网看成是 Intranet 的一部分。在子公司中有一定访问权限的用户才能通过 IntranetVPN 访问公司总部的资源，所有端点之间的数据传输都要经过加密和身份鉴别。

用 Internet 作为远程访问的骨干网比传统的方案更容易实现，而且花钱更少。如果一个用户无论是在家里还是在旅途之中，他想同公司的 Intranet 建立一个安全连接，可以用远程访问 VPN 来实现。典型的远程访问 VPN 是通过本地 ISP 登录到 Internet 上，并在办公室和公司 Intranet 之间建立一个加密信道。远程访问 VPN 的客户端应尽量简单，因为普通雇员一般都缺乏专门训练。客户应可以手工建立一条 VPN 信道，即当客户每次想建立一个安全通信信道时，只需安装 VPN 软件。在服务器端，因为要监视大量用户，有时需要增加或删除用户，这样可能造成混乱，并带来安全风险，因此服务器应集中并且易于管理。公司往往制定一种透明的访问策略，即使在远地的雇员也能像坐在公司总部的办公室里一样自由地访问公司的资源。因此首先要考虑的是所有端到端的数据都要加密，并且只有特定接收者才能解密。大多数 VPN 除了加密以外还要考虑加密密钥的强度和认证方法。这种 VPN 要对个人用户的身份进行认证，这样公司就会知道哪个用户欲访问公司的网络并在认证后决定是否允许用户对网络资源进行访问。

外部网 VPN 为公司合作伙伴、顾客、供应商和在远地的公司雇员提供安全性，它应能保



证包括 TCP 和 UDP 服务在内的各种应用服务安全。由于不同公司的网络环境是不相同的，一个可行的外部网 VPN 方案应能适用于各种操作平台、协议、各种不同的认证方案及加密算法。外部网 VPN 的主要目标是保证数据在传输中不被修改，保护网络资源不受外部威胁。安全的外部网 VPN 要求公司在同它的顾客、合作伙伴及在外地的雇员之间经 Internet 建立端到端的连接时，必须通过 VPN 服务器才能进行。在这种系统上，网络管理员可以为合作伙伴的职员指定特定的许可权，是一个由加密、认证和访问控制功能组成的集成系统。通常公司将 VPN 代理服务器放在一个不能穿透的防火墙隔离层之后，防火墙阻止所有来历不明的信息传输。所有经过过滤后的数据通过唯一一个入口传到 VPN 服务器，VPN 服务器再根据安全策略来进一步过滤。VPN 可以建立在网络协议的上层，如应用层；也可以建立在较低的层次，如网络层。在应用层的 VPN 可以用一个代理服务器实现，这就是说，不直接打开任何公司 Intranet 的连接，这样有了 VPN 代理服务器之后，就可以防止 IP 地址欺骗。所有的访问都要经过代理，这样管理员就可以知道谁曾企图访问 Intranet 以及他做了多少次这种尝试。外部网 VPN 并不假定连接的公司双方之间存在双向信任关系。外部网 VPN 在 Internet 内打开一条隧道，并保证经过过滤后信息传输的安全。当公司将很多商业活动通过公共网络进行交易时，一个外部网 VPN 应该用高强度的加密算法，密钥应选在 128 位以上。而商业伙伴和顾客可能有不同的网络结构和操作平台，所以应选择支持多种认证方案和加密算法。外部网 VPN 应根据尽可能多的参数来控制对网络资源的访问，管理员应能对个人用户身份进行认证，而不仅仅根据 IP 地址。

## 7.5 计算机病毒

### 7.5.1 计算机病毒的定义

计算机病毒是一种“计算机程序”，它不仅能破坏计算机系统，而且能够传染到其他系统。传染是指修改其他程序，并把自身或变种复制进去的这一过程。病毒通常隐藏在其他看起来无害的程序中，能生成自身的拷贝并将其插入其他程序中，执行恶意的行动。简单地说，计算机病毒就是一小段程序或指令集合，它能进行自身拷贝或覆盖在其他较大的宿主程序上，并取得程序执行时的控制权。当宿主程序执行时，病毒便被启动并继续其传染工作，当某些特定条件符合时，病毒便会发作，破坏数据和资料，危害计算机系统。计算机病毒大都具有以下特点：

（1）灵活性：程序小巧精致，一般只有几千个字节或几百个字节。

（2）传播性：病毒从一台计算机系统进入另一台计算机系统，再生能力强，可以不断地自我复制。

（3）衍生性：病毒在传染过程中自身会发生变化。

（4）破坏性：病毒的目的在于破坏系统，主要表现在占用系统资源，破坏数据，干扰系统运行甚至摧毁整个系统。

（5）隐藏性：计算机病毒一般小于 4KB，能附着在其他程序上，不易被发觉，侵入后往往要潜伏一段时间，等条件成熟才发作，这种潜伏有时长达二三年，所以计算机很可能在未显示症状的情况下就已受到感染。

（6）破坏效果的持续性：计算机病毒即使被发现，要删除也是项艰巨的工作。尤其是在网络上，病毒可以重复传播，使杀毒工作尤为复杂。

病毒既然是一种计算机程序,就需要消耗计算机的 CPU 资源,占据磁盘空间或网络连接。当然,有些情况下,计算机病毒并没有破坏指令的企图。有些病毒更像是恶作剧,例如,在计算机屏幕上只显示一些有趣的消息,但更多的还是设法损坏数据。

计算机病毒有两种存在方式:

(1) 静态存在方式。计算机病毒寄生于磁盘、光盘等存储介质中,或存在于内存 RAM 虚拟盘,外部 RAM 盘或 ROM 盘,处于这种状态的病毒是“静态”的,不会去主动传染其他程序,更不会发作。当关机时,除了在内存 RAM 虚拟盘的病毒会消失以外,计算机外部存储介质上的病毒都会继续存在。静态病毒并不可怕,可怕的是它变成动态病毒。

(2) 动态存在方式。计算机病毒已经被调入内存,已经或随时可以获得控制权,此时病毒可能马上传染或发作,即进入活跃态,也可能将自身驻留于计算机的内存之中进入潜伏态,一旦被激活就会进行传染和发作。病毒这种寄生在内存中的动态存在方式对用户来说是十分危险的,它像是一颗炸弹,随时会爆炸。不过,只要一关机动态病毒就会消失。因此,消除计算机病毒的关键还是要清除静态病毒。没有静态病毒,自然就不会出现动态病毒。

病毒程序在一定条件下隐藏地进入系统。当使用带有系统病毒的磁盘引导系统时,病毒程序先进入内存并放在常驻区,然后才引导系统,这时系统即带有该系统病毒。当运行带有病毒的程序文件时,先执行病毒程序,然后才执行该文件的原来程序。执行病毒程序以后,有的病毒将自身程序常驻内存,使系统从此处于该文件病毒环境;有的病毒则不常驻内存,只在当时执行时起传染或破坏作用。执行完毕之后病毒不再留在系统中。

病毒程序执行的是非法操作。当用户引导系统时,正常的操作只是引导系统,病毒乘机而入并不在人们预定目标之内。当运行带病毒文件时,执行该文件的原来程序是人们的预定目标,在此之前先执行的病毒程序并不是人们的预定目标。但是,由于病毒程序的寄生性和进入的隐蔽性,人们开始时往往觉察不到它的存在和执行,直到产生比较严重的后果时才有所发觉。

病毒程序所执行的非法操作通常包括以下几个方面:

(1) 病毒程序常驻内存。将病毒程序常驻内存,为此修改一些系统参数,扩大内存常驻区,缩小用户可用空间大小,并将病毒程序存放到内存常驻区之内,使得当用户程序进入系统时,不占用病毒程序存储范围。同时,为了使常驻内存的病毒程序监控系统运行情况,病毒程序还修改操作系统的中断向量表,即修改某些常用中断程序的入口地址,用病毒程序中某些段落的起始地址去代替它们。这样,当用户程序或 DOS 命令要求执行这些中断程序时,例如要求向磁盘写入或进行读操作时,以及文件操作、时钟操作等,对于感染了病毒的系统来说,实际上并不是立即执行所需求的中断程序,而是先执行了一段病毒程序,然后才能去执行正常的中断程序。这就使得调用这些中断时要付出额外的时间开销。

(2) “复制”病毒程序。在一定条件下,会“复制”病毒程序,即所谓的“传染”、“感染”。病毒程序一旦进入正在运行的系统,它就监视磁盘和文件,一旦发现它们尚未感染病毒,就在适当时机,例如要执行某个系统中断程序时,先将病毒程序写入磁盘或文件中。这时,便称这个磁盘或文件已经感染了病毒。

(3) 在一定条件下进行破坏活动。例如,小球病毒在系统运行过程中会突然使屏幕上出现一个跳来跳去的小球,把屏幕显示弄乱。这些破坏,不影响系统继续运行,特别是不破坏磁盘或文件,有恶作剧的意思或属于“轻微”破坏病毒,这种病毒被称为是“良性”的。而破坏磁盘或文件的病毒,则被称为是“恶性”的。



计算机病毒的定义是计算机病毒学的基本概念，它的科学定义是这样的：计算机病毒是隐藏在计算机系统的数据资源中的，利用系统数据资源进行繁殖并生存，能影响计算机系统正常运行并通过系统数据共享的途径进行感染的程序。

### 7.5.2 计算机病毒的产生

计算机病毒的产生是以计算机技术迅猛发展为背景的，它是一种计算机犯罪的新的演化形式，其根本的技术原因是计算机系统软硬件的脆弱性。同时，计算机的普及应用给计算机病毒的传播提供了广阔的天地，特别是 Internet 的广泛应用，更促进了计算机病毒的空前活跃。计算机病毒是以如此秘密的方式潜入计算机这一领域的，以致于没有人能准确说出它产生的具体时间，那么是谁首先编制了这种令人头痛的东西就更不得而知了。

数学家冯·诺伊曼在 1940 年提出了复杂机械的自动复制理论，这也许就是计算机病毒产生的最早的理论基础吧。随后在 1950 年，贝尔实验室和施乐公司的专家们开发出了 Core War 的游戏程序，它能攻击其他程序。1960 年 Coway 设计的“活的”程序可以根据自身环境的变化而变化。此后，美国的 UNIX 系统专家 Ken Thompson 在一次演讲中把程序复制理论的秘密公之于众，到 1984 年，Fred Cohen 博士最终证明了计算机病毒传染的可能性，并在 1987 年的著作中做出了论证，计算机病毒才开始受到世界范围的普遍重视。与此同时，计算机病毒开始以惊人的速度在世界各地广泛传染开来，各种病毒的花样不断翻新，编程手段越来越高明，防不胜防。到目前，全世界已发现数万种计算机病毒，并且病毒种类还在迅速增加。

最早将病毒的恐慌带给我们的是著名的耶路撒冷（Jersalem）病毒，也即黑色星期五病毒和罗伯特·蒙尼斯（Robert·T·Morris）用蠕虫（Tap Warm）程序制造的 INTERNET 网络事件。随后，Windows 病毒更加复杂，带有黑客性质的有害代码大量涌现。计算机病毒传入我国大约是在 1988 年底，当时国家统计局部门发现了小球病毒（Bouncing Ball），这种病毒以后相继活跃在全国各高等院校和科研院所、国家机关等部门。计算机病毒的产生原因也是五花八门的。例如：有些病毒是由雇员故意制造用来向公司报复的，表示自己的不满；有些病毒就是用来庆祝节日的；有些则是计算机专业人员和业余爱好者的恶作剧，似乎为了显示其非凡的本领，这类病毒大多是良性的；还有就是软件公司及用户为保护自己的软件不被非法复制而采取的报复性惩罚措施。

### 7.5.3 计算机病毒的来源渠道

计算机病毒的来源渠道主要有以下 5 个方面。

#### 1. 盗版软件

盗版软件在互相拷贝流传的过程中，根本无法保证不会被病毒所寄生；而且因为盗版是一种非法的行为，故制造病毒的人会专门利用盗版软件来传播他的作品，以逃避法律责任。

#### 2. 公开软件

无论是完全开放的公开软件，还是半开放的共享软件，都是容许人们随便拷贝的。跟盗版软件一样，人们根本无法确认该公开软件是否有病毒寄生，但由于是合法的行为，故其带病毒的几率不如盗版软件高。

#### 3. 电子公告栏

在使用电子公告栏（BBS）时要注意，由于任何人都可以随便地从公告栏上传或下载文件，

所以根本无法保证记录下来的程序是否有病毒寄生。

#### 4. 通信与网络

与电子公告栏的情况相似, 我们无法保证传来的程序或远程请求的程序有没有病毒寄生或感染。

#### 5. 正版软件

有些软件公司为了避免被盗版, 会在其产品中放入口令暗号检查的程序, 这种程序可促使早已准备好的类病毒病发, 对盗用者以示惩戒。

了解计算机病毒来源渠道之后, 在使用计算机的过程中应注意软件的来源, 尽量不与外界的软盘交换, 提防病毒侵袭自己的计算机。

### 7.5.4 计算机病毒的分类

按照计算机病毒的不同特征, 可对计算机病毒进行分类。

#### 1. 按攻击的机种类型分

- (1) 攻击微型计算机的病毒。这是世界上传染最为广泛的一种计算机病毒。
- (2) 攻击小型机的病毒。
- (3) 攻击工作站的病毒。

工作站的性能接近微型计算机的性能, 受病毒攻击的可能性也很大。

#### 2. 按寄生方式分

(1) 操作系统类。病毒体附着在操作系统的某些合法模块上, 或干脆取代这些模块。这类病毒在系统启动过程中即进入内存, 具有很高的优先级。目前, 微机中常见的引导类病毒属于操作系统型病毒。引导类病毒感染 DOS 操作系统的主引导区或 DOS 引导区, 它用病毒程序代码取代引导区, 在系统启动的引导过程中进入内存。

(2) 文件类。文件类病毒感染各种可执行文件, 如扩展名为.COM、.EXE、.OVE、.BAT、.PRG 的文件。病毒代码一般链接在宿主文件的前面或后面, 当宿主文件调入内存执行时, 病毒跟着进入内存, 并在正常文件被执行前获得 CPU 并执行, 实现病毒的重定位、传染和破坏。

(3) 网络类。网络类病毒最典型的例子是网络中的蠕虫程序。在大型计算机网络中, 联网的计算机大多数是运行多进程操作系统的大、中、小型计算机, 这些计算机昼夜工作, 并有很强的资源共享能力。在这种环境下, 蠕虫程序可以不必像微机病毒那样借助于合法模块作宿主进入内存执行, 而只要从某个网络工作站上进入网络, 便能进行广泛的传染。

#### 3. 按破坏情况分

(1) 良性计算机病毒。不破坏数据或程序并不导致系统瘫痪的病毒, 这种病毒多数是一些恶作剧者所造。“良性”病毒并非没有危害性, 只是它们的危害性相对要小些。

(2) 恶性计算机病毒。在一定条件下, 破坏系统数据, 删除文件, 甚至摧毁系统的危害性较大的病毒。

#### 4. 按是否驻留内存分

(1) 内存驻留型病毒。目前绝大多数病毒属于内存驻留型病毒。这种病毒进入内存后即盗用系统的内存空间, 并使自己常驻其中, 然后修改系统的某些中断向量, 指向病毒体。这样, 每当执行一些常规的系统操作, 如列目录、读 / 写磁盘, 病毒程序都能获得一次传染和破坏的机会。



(2) 内存不驻留型病毒。这种病毒仅在宿主被调入执行时，才被执行一次，获得传染和破坏的机会。宿主文件执行完以后，病毒与宿主一起退出，此后，内存中便没有病毒。显然，这种病毒的传染性比前一种要小很多，但其隐蔽性却更强。

### 7.5.5 计算机病毒的预防

自从计算机病毒蔓延以来，人们提出许多计算机病毒的防御措施，但这些措施不尽人意。面对数千种计算机病毒，我们不能只是被动地查毒和杀毒，而应积极地进行预防。计算机病毒的预防可分为两个方面：管理方法上的预防和技术上的预防。两种方法相辅相成，两者的结合对防止计算机病毒的传染是行之有效的。

#### 1. 用管理手段预防计算机病毒的传染

- (1) 没有确定磁盘是否有毒之前不要让陌生盘进入系统或允许别人使用系统。
- (2) 使用者需避免选用磁盘开机。
- (3) 保存干净的 DOS 启动盘和干净的系统引导区。
- (4) 对系统盘要写保护并尽可能不要把其他程序与系统文件一块存放。
- (5) 确认无误的干净数据应及早并经常作好复制工作。
- (6) 广泛使用写保护标签和产生一个记录程序规模的标签。
- (7) 不许将游戏软件装入计算机系统，因为游戏软件是计算机病毒传播的主要载体。
- (8) 减少软盘的交叉使用。
- (9) 不要从管理不善或没有严格的病毒预防措施的广告栏或网络上下载程序。
- (10) 设一台低档或用旧的计算机作为机房内数据与外界数据的隔离带。外来软件及数据可在此运行一段时间以观察是否有毒。如果有毒，则对该机和有关介质作格式化以彻底杀毒，无病毒则可转移到机房中有关计算机上使用。
- (11) 不要将程序盘外借。可外借复制盘，归还时将其格式化或在隔离带作技术检查。
- (12) 使用新机器尽可能先消毒。
- (13) 购买防毒软件以加强防护。

以上方法仅适用于局部小单位。随着计算机的普及，预防计算机病毒已成为一个社会性问题，还要寻求国家在法律法规上的具体管理措施。

#### 2. 用技术手段预防计算机病毒的传染

采用一定的技术措施，如预防软件、“病毒防火墙”等，预防计算机病毒对系统的入侵或发现病毒欲传染系统时，向用户发出警报。所谓的“病毒防火墙”是随着 Internet 及网络安全技术引入的，它的原理就是实施“过滤”术，保护计算机不受任何来自“本地”或“远程”病毒的危害。

### 7.5.6 计算机病毒的清除

消除病毒的前提条件是已经正确识别出系统带有病毒的类型，如果判断错误而盲目地进行消毒，将造成不必要的损失。下面介绍通用的病毒清除方法。

#### 1. 消除引导区病毒

引导区病毒在系统启动时立即装入内存，所以需用干净的 DOS 或引导区去替换。对染毒的硬盘主引导区，用 DEBUG 从无毒的硬盘上取得干净的系统引导区，然后把有毒计算机的电

源关闭后再打开，用干净的 DOS 启动，把干净的系统引导区写入硬盘。对系统的引导区染毒情况，可以用 DOS 的“SYS”命令并用干净的 DOS 把染毒的 DOS 替换掉，有时“SYS”命令可能无效，那么试着用一个专门完成这种任务的程序——MDISK，这样能简化工作。

### 2. 操作系统病毒

首先关掉系统再重新打开，用干净的 DOS 引导系统；之后运行病毒扫描程序，识别出受感染的文件，用一张写保护的原 DOS 磁盘把受感染的文件源程序重新写入硬盘即可。

### 3. 清除应用程序病毒

一种方法是用杀毒工具来杀毒，但文件型病毒十分复杂可能不易查出病毒，那么只好删除感染病毒的文件。可按以下步骤操作：首先关掉系统后再重新用干净的 DOS 启动系统，之后用病毒扫描程序扫描扩展名为.COM 和.EXE 的文件，找出受感染的文件，并用 DOS 命令 DEL 删除受感染文件，最后取出提供应用程序的原件磁盘，将它们重复装入，用以替换染毒文件。而对于交叉感染了多个文件型病毒的文件，很难清除病毒，只能删除被感染文件。

## 7.6 计算机职业道德与计算机犯罪

### 7.6.1 计算机职业道德

计算机安全技术的特殊性决定了从事计算机安全技术的人员至少必须具备良好的职业道德。然而，良好的职业道德的培养就要通过开展计算机安全教育来完成。所以搞好计算机安全教育是增强人们安全意识、提高人员安全素质和职业道德的有效办法。但教育不是万能的，必须辅以工作纪律的约束和管理措施，规范人员的行为，使其人员具有必要的工作责任心和不危害他人的公德。

### 7.6.2 计算机犯罪

计算机犯罪已经对国家安全、社会稳定、经济建设、各单位的日常工作及个人的隐私权利构成了与日俱增的威胁，必将成为未来信息社会主要的犯罪形式之一。

#### 1. 计算机犯罪的定义

利用计算机或计算机知识，造成触犯有关法律规范的效果的行为，称为计算机犯罪。其本质是利用计算机或计算机知识，侵犯计算机资产，对国家、单位和个人的安全和合法权益造成损害。“触犯有关法律规范的效果”，是根据有关法律规范的一种认定，其前提当然是有关法律规范的存在。其内容大致包括：未经批准修改输入或输出数据；未经批准通过终端访问计算机系统；未经批准使用或修改应用程序；未经批准截收数据；盗窃文件、数据或设备；破坏计算机系统设备。

#### 2. 计算机犯罪的分类

现有的各种计算机犯罪可大体划分为：

(1) 诈骗。其中有贪污、私吞、冒领、盗窃和敲诈等，如修改储蓄存款开户日期，侵吞多余利息。

(2) 窃取、泄露或扩散机密。机密涉及可能是军事、政治、经济、技术或个人隐私；侵犯国家、单位或个人的合法权益。



（3）侵权、盗用。这类犯罪主要有以下形式：

- 越权非法使用计算机系统，非法联网。
- 盗用非共享资源和系统。
- 非法占用通信线路或信道。
- 非法截断、篡改过境数据流。
- 侵犯版权，例如软件的版权。
- 捣乱或恶作剧。

（4）破坏。破坏的目标可能是计算机资产，也可能是社会。这种新的违法犯罪形式，大概包括以下几类：

- 破坏计算机系统，致使其部分或全部瘫痪。
- 破坏记录介质。例如抹消数据、文件或销毁介质等。
- 破坏计算机工作环境。
- 扰乱正常工作秩序。
- 扰乱社会公共秩序，破坏社会安定团结等。

其实计算机犯罪还有其他许多形式，这里不一一列举。应该说，我国在政治、经济、国防、尖端科技等重要系统和部门的业务实施电子化的过程来说，用计算机处理业务确实是一件新生事物。几年来，虽然各个系统和部门都配备了一些计算机业务方面的专门人才，但仅能说是个开端。所以，在未来较长的一段时期内，仍然会是，懂业务的不懂计算机，而懂计算机的又不懂业务，二者兼懂的复合型人才还不够多，这就给计算机犯罪，而且多数是懂计算机的人所实施的犯罪以可乘之机，客观上给管理经营造成一定的难度，一旦犯罪发生，侦破的难度也较大。

## 思考题与习题

1. 信息加密的方法有哪些，请举例说明。
2. 简述保密通信系统的结构和工作原理。
3. 密码分析学都包括哪些内容？
4. 什么是防火墙？
5. 简述防火墙技术。
6. 简述防火墙的结构。
7. 什么是虚拟专用网？
8. 简述虚拟专用网的作用。
9. 什么是计算机病毒？
10. 计算机病毒的基本特征是什么？
11. 简述计算机病毒的清除方式。
12. 如何预防计算机病毒？
13. 什么是计算机犯罪？
14. 计算机犯罪的分类有哪些？
15. 什么是计算机职业道德？

## 第8章 计算机科学技术的研究范畴 及其在各领域中的应用

### 本章学习目标

本章主要介绍计算机科学技术的研究范畴及其在科学研究、教育教学、制造业、商业、银行与证券业、交通运输业、医学、办公自动化等领域中的综合应用。本章同时介绍了将计算机应用于各行各业所使用的主要技术和方法。

计算机科学是以计算机为研究对象，它的研究范畴十分广泛，发展非常迅速，计算机以其具有速度快、精度高、存储量大、逻辑判断能力强等特点，使它的应用领域非常广泛。通过本章的学习，读者应全面了解计算机科学技术的研究范畴；了解计算机在国民经济中传统领域和新领域的应用以及所使用的主要技术，从而拓宽视野，提高实践能力，激发对计算机科学知识的求知欲望。

### 8.1 计算机科学技术的研究范畴

计算机科学是一门研究范畴十分广泛、发展非常迅速的新兴学科。对于计算机工作者和计算机科学与技术专业的大学生而言，全面了解计算机科学技术的研究范畴是十分必要的。

计算机科学主要的研究范畴包括计算机理论、计算机硬件、计算机软件、计算机网络及计算机应用等。在这些研究领域中，有些方面计算机先行者们已经研究得比较透彻了并取得了许多成果，需要学生在各后续课程中逐步学习、领会、掌握和继承，有些方面还不够成熟和完备，需要人们进一步去探索、研究、完善和发展。

#### 1. 计算机理论的研究内容

计算机理论的研究内容主要包括：离散数学、算法分析理论、形式语言与自动机理论、程序设计语言理论和程序设计方法学。

(1) 离散数学：离散数学主要研究数理逻辑、集合论、近世代数和图论等。由于计算机所处理的对象是离散型的，因此它是计算机科学的理论基础。

(2) 算法分析理论：主要研究算法设计和分析中的数学方法与理论，如组合数学、概率论、数理统计等，这些理论主要运用于分析算法的时间复杂度和空间复杂度。

(3) 形式语言与自动机理论：研究程序设计语言以及自然语言的形式化定义、分类、结构等，研究识别各类语言的自动机模型及其相互关系。

(4) 程序设计语言理论：运用数学和计算机科学的理论研究程序设计语言的基本规律，包括形式语言文法理论、形式语义学（如代数语义、公理语义、操纵语义等）和计算机语言学。

(5) 程序设计方法学：研究编制高质量程序的各种程序设计规范化方法，程序正确性证明理论等。



## 2. 计算机硬件的研究内容

(1) 元器件与存储介质：研究构成计算机硬件的各类电子的、磁性的、机械的、超导的元器件和存储介质。

(2) 微电子技术：研究构成计算机硬件的各类集成电路、大规模集成电路、超大规模集成电路芯片的结构和制造技术等。

(3) 计算机组成原理：研究通用计算机的硬件组成结构以及运算器、控制器、存储器、输入/输出设备等各部件的构成和工作原理。

(4) 计算机体系结构：研究计算机软硬件的总体结构、计算机的各种新型体系结构（如精简指令系统计算机、并行处理计算机系统、共享存储结构计算机、集群计算机、网络计算机等）以及进一步提高计算机性能的各种新技术。

(5) 微型计算机技术：研究使用最广泛的微型计算机的组成原理、结构、芯片、接口及其应用技术。

## 3. 计算机软件的研究内容

计算机软件的研究内容主要包括：程序设计语言的设计、数据结构与算法、程序设计语言翻译系统、操作系统、数据库系统、算法设计与分析、软件工程学、可视化技术等。其中，程序设计语言的设计是根据实际需求设计新颖的程序设计语言，定义程序设计语言的词法规则、语法规则和语义规则；算法设计与分析主要研究计算机领域及其他相关领域中的常用算法的设计方法并分析其时间复杂度和空间复杂度，以评价算法的优劣；可视化技术是研究如何用图形和图像来直观地表征数据，它不仅要求计算结果的可视化，而且要求计算过程的可视化。

## 4. 计算机网络的研究内容

计算机网络主要研究网络结构、数据通信与网络协议、网络服务和网络安全。

(1) 网络结构研究局域网、广域网、Internet、Intranet 等各种类型网络的拓扑结构和构成方法及接入方式。

(2) 数据通信与网络协议研究实现连接在网络上的计算机之间进行数据通信的介质、原理、技术以及通信双方必须共同遵守的各种规定。

(3) 网络服务研究如何为计算机网络的用户提供方便的远程登录、文件传输、电子邮件、信息浏览等服务。

(4) 网络安全研究计算机网络的设备安全、软件安全、信息安全以及病毒防治等技术，以提高计算机网络的可靠性和安全性。

## 5. 计算机应用的研究内容

(1) 软件开发工具：研究软件开发工具的有关技术，如程序调试技术、代码优化技术、代码重用技术等。

(2) 完善现有的应用系统：根据新的技术平台和实际对已有的应用系统进行升级、改造，使其功能更强大、更加便于使用。

(3) 开拓新的应用领域：研究如何打破计算机传统的应用领域，扩大计算机在国民经济以及社会生活中的应用范畴。

(4) 人一机工程：研究人与计算机的交互和协同技术，为人使用计算机提供一个更加友好的环境和界面，人与计算机更好地共同完成预定的任务。

## 8.2 计算机在科学研究中的应用

科学研究是计算机的传统应用领域，主要用来进行科技文献的存储与查询、仿真计算、虚拟现实、复杂现象的跟踪与分析以及知识发现等。

### 8.2.1 计算机仿真技术

仿真就是应用计算机对复杂的现实系统经过抽象和简化形成系统模型，然后在分析的基础上运行此模型，从而得到系统一系列的统计性能。由于仿真是以系统模型为对象的研究方法，不干扰实际生产系统，同时仿真可以利用计算机的快速运算能力，用很短时间模拟实际生产中需要很长时间的周期，因此可以缩短决策时间，避免资金、人力的浪费。计算机仿真还可以重复进行，优化实施方案，具有很高的科学研究价值和巨大的经济效益。

由于仿真技术的特效，特别是安全性和经济性，使得仿真技术得到广泛的应用。首先由于仿真技术在应用上的安全性，使得航空、航天、核电站等成为仿真技术最早的和最主要的应用领域。特别是在军事领域，新型的武器系统、大型的航空航天飞行器在其设计、定型过程中，都要依靠仿真试验进行修改和完善。其次从仿真的经济性考虑，由于仿真往往是在计算机上模拟现实系统过程，并可多次重复运行，使得其经济性十分突出。采用模拟器培训工作人员，经济效益和社会效益也十分明显。另外，从环境保护的角度考虑，仿真技术也极具价值，如现代核试验多是在计算机上仿真进行。

据美国对“爱国者”等 3 个型号导弹的定型试验统计，采用仿真试验可减少实弹发射试验次数约为 43%，节省费用达数亿美元。我国某种型号导弹在设计和定型过程中，通过仿真试验缩短研制时间近两年，少进行 20 多次实弹发射（型号定型往往需要进行数十次甚至上百次发射试验）。

### 8.2.2 虚拟现实技术

虚拟现实（Virtual Reality）又称虚拟环境。目前，虚拟现实技术已广泛应用于航空航天、医学实习、建筑设计、军事训练、体育训练、娱乐游戏等许多领域。

#### 1. 虚拟现实技术的基本类型

虚拟现实技术是一种高度逼真地模拟人在自然环境中视、听、动等行为的人机界面技术，按其功能不同，可分成 3 种类型。

（1）沉浸型虚拟现实系统。沉浸型虚拟系统是一套比较复杂的系统。使用者必须头戴头盔、手带数据手套等传感跟踪装置，才能与虚拟世界进行交互。这种系统的优点是用户可完全沉浸到虚拟世界中去，缺点是系统设备价格昂贵，难以普及推广。

（2）简易型虚拟现实系统。简易型虚拟现实系统由一台普通的计算机系统组成，使用者通过键盘、鼠标便可与虚拟环境进行交互。这种系统的特点是结构简单、价格低廉，易于普及推广，是一套经济实用的系统。

（3）共享型虚拟现实系统。共享型虚拟现实系统是利用远程网络，将异地的不同用户联结起来，共享一个虚拟空间，多个用户通过网络对同一虚拟世界进行观察和操作，达到协同工作的目的。例如，异地的医科学生可以通过网络，对虚拟手术室中的病人进行外科手术。



## 2. 虚拟现实系统的组成

虚拟现实系统通常由 3 个子系统构成：① 视觉子系统，提供的信息使参与者可以感知环境及其变化；② 听觉子系统，给参与者一个覆盖 360 度球体的声音环境，从而可以增强虚拟环境的真实性；③ 触觉子系统，可以使参与者能够感觉到物体的运动阻力、表面纹理、材质和弹性等。

## 3. 虚拟现实技术的应用

虚拟现实技术广泛地应用于各个领域，科学研究与实验、教育与培训、制造、建筑、艺术娱乐、遥控操作、城市规划等。我们将虚拟现实技术应用于制造业，使计算机的应用扩大到了一个崭新的领域。一个虚拟现实系统能够使用户置身于计算机所产生的幻象世界之中。使用者能够戴上特殊头盔、数据手套等传感设备与虚拟现实系统进行交互、改变环境，对虚拟环境中的对象进行考察或操作。将虚拟现实技术应用于教育可以彻底打破空间、时间的限制，避免真实实验或操作所带来的各种危险，调动学生的学习积极性。

尽管目前虚拟现实系统的硬件设备还比较昂贵，虚拟现实技术尚未普及，但随着虚拟现实技术的不断发展和完善，以及硬件设备价格的不断降低，我们相信，虚拟现实技术以其自身强大的优势和潜力，最终会在许多领域中被广泛应用并发挥其重要作用。

### 8.2.3 文献存储与检索系统

科技文献的检索与查询是开展科学研究工作的先导。在进行任何一项科学研究工作之前都必须对该课题国内外的研究状况有一个全面、深入的了解，这样才能够继承前人所取得的成果，避免花费无谓的精力去重复做他人已经做过的工作或者重蹈他人已经失败的覆辙。

在信息化的社会中，科技文献正在以爆炸性的速度急剧地增加。据统计，目前全世界每年发表的科技论文多达 500 万篇以上，科学杂志已达数十万种，每天约有近百亿信息单元的信息量在网上传递，如此庞大的信息量，只有依靠计算机来检索和存储才能进行正常有效的科学研究和科技成果的交流。

## 8.3 计算机在教育教学中的应用

信息技术的飞速发展，使教育无论是在教学手段、教学内容、教学评价还是教育目标与结构等方面都发生了重要改变。下面介绍计算机在教育教学领域中的应用。

### 8.3.1 校园网建设

校园网是实现教育改革的有力工具，在很长一段时间内，学校的校园网建设几乎成了教育信息化建设的替代词。校园网是在学校内部建立的计算机网络，使全校的教学、科研和管理能够在网上运行。

#### 1. 信息中心

或称为网络中心，一般由资源服务器、Web 服务器、数据库系统及主干交换机等构成。它负责整个校园网的信息交换与保障网络的正常运作。

#### 2. 多媒体教室

多媒体教室是指配有多功能投影系统的教室。多功能投影系统是以计算机为核心的，包

括多媒体投影机、录像机、影碟机、视频展示台、功率放大器、大屏幕和视听演示系统等设备。它可与校园网或闭路电视系统相连,同时计算机还能供讲课者使用,用于演讲、学术报告、课件演示等。

### 3. 计算机网络教室

计算机网络教室是指计算机教室连成的局域网,是目前学校应用得最多的局域网,教学内容直接从网络上发布。在某些计算机网络教室中,另配有音视频通道,可将教师用机或学生用机屏幕上的内容通过该通道广播到其他机器上,并支持分组。因此通常也称为多媒体电子教室。这类教室主要用于信息技术课教学、学生上机练习以及其他课程的辅助学习等。

### 4. 虚拟图书馆

将大量的图书资料以数字化的形式存储在资源服务器上,或通过 Video 服务器提供各种多媒体信息资源。学生与教师通过计算机网络可以方便地对资料进行查询、检索和使用。

### 5. 学校办公网

通过在校园网上运行的综合信息管理系统,使学校的教学管理、学生管理和日常管理等实现办公自动化。

### 6. 校园卡系统

利用校园网和智能卡(IC卡)技术,形成学校内部完整的校园卡系统,一张IC卡可以作为学生证、上机证、借书证、电话卡、就餐卡等,使学校全面实现电子信息化管理。

## 8.3.2 计算机管理教学与计算机辅助教育

计算机管理教学也是计算机在教育领域中的一个重要应用。这类应用是将计算机应用于教学的设计和评价及管理学生的成绩和自然状况,处理与教学有关的事物数据,它包括用计算机制定教学计划、计算机辅助测验、学生错误分析等。计算机在管理上的应用使学校的管理更加方便、快捷、准确,使教学结构更加优化。

多媒体课件制作技术的成熟加快了计算机辅助教育的发展。一些学校已经将课堂多媒体组合教育方式和利用多媒体计算机个别交互学习方式结合到传统的教育方式中。目前除了专业的软件技术公司能提供多媒体课件外,学校教师自己设计制作的课件也极大地丰富了教学资源。开展计算机辅助教育不仅使学校教育发生了根本变化,还可以使学生在学校里就能体验计算机的应用,加强学生的计算机意识,培养出复合型人才。

## 8.3.3 网络教育

Internet 应用的推广和普及使各类网站如雨后春笋般出现。很多校园网站和网上学校提供了较为丰富的教学资源,并提供了远程交互的教学功能;一些资源丰富、教育水平高、网络环境好的学校,还开展了与远郊区县甚至国外学校的远程教育。远程教育主要有实时远程教学、虚拟教室教学、远程考试、教学反馈4种功能。

远程教育已开始建设以计算机网、卫星电视网、电信网三网合一的空间立体开放的远程教育体系。目前国务院批准了教育部《面向21世纪教育振兴行动计划》,将:“现代远程教育工程”作为振兴教育的六大工程之一。它以现有的中国教育科研网(CERNET)示范网和卫星视频传输系统为基础,进一步扩大中国教育科研网的传输容量和联网规模,并继续发挥卫星电视教育在现代远程教育中的作用,改造现有的广播电视教育传输网络,建设中央站,进行部分



远程办学点的联网改造，构建远程教育的专用平台，建立教育软件和课件的开发中心、教育资源数据库和电子图书馆，实现全国教育资源的共享。

## 8.4 计算机在制造业中的应用

制造业是一个非常大的传统行业，包括汽车、船舶、飞机、服装、家电等。制造业大量采用计算机技术和网络技术可以节省人工和时间、降低生产成本、拓宽业务领域、提高企业的效益。计算机在制造业领域有着传统而广泛的应用。

### 8.4.1 辅助完成产品的设计和制造

#### 1. CAD

目前 CAD 技术已广泛应用于汽车、飞机、船舶、机械、大规模集成电路、建筑、服装设计等方面。采用 CAD 技术使得人与计算机均能发挥各自的特长，设计过程的部分工程实现了自动化，可缩短设计周期、提高工作效率、节省人力和财力、提高设计水平和质量。

CAD 中所涉及的主要技术有：图形处理技术、工程分析技术、数据管理技术、软件设计技术和接口技术等。

传统 CAD 技术在进一步发展。在工程实践中，把人工智能技术和 CAD 技术相结合，形成一个新的研究领域——智能 CAD，用来解决很多属于非数值计算的问题。将虚拟现实技术与 CAD 技术相结合，形成另一个新的研究领域——虚拟设计，可以完成传统 CAD 做不到的工作，如交互和实时、虚拟装配和虚拟实验、增强图形真实感（有远、近、纵、深化感觉）等。

#### 2. CAM

一个 CAM 系统所包括的设备和技术主要有：数字控制设备、可编程逻辑装置、计算机辅助编制加工计划、机器人工程学、制造质量控制技术等。

采用 CAM 系统，从对设计文档、工艺流程、生产设备等的管理，到对加工与生产装置的控制和操作，都可以在计算机的辅助下完成。例如：计算机监视系统、计算机过程控制系统和计算机生产计划与作业调度系统等都属于计算机辅助制造的范畴。将 CAD 系统与 CAM 系统相结合，即把 CAD 的输出（设计文档）作为 CAM 设备的输入，能够实现无图纸加工，使得设计和制造过程的部分工作实现自动化，进一步提高生产的自动化水平。有些国家已把 CAD 和 CAM、计算机辅助测试（Computer Aided Test）及计算机辅助工程（Computer Aided Engineering）组成一个集成系统，使设计、制造、测试和管理有机地成为一体，形成高度的自动化系统。

### 8.4.2 CIMS

CIMS 是英语 Computer Integrated Manufacturing System 的缩写，意思是计算机集成制造系统。它是在新的生产组织概念和原理下形成的一种新型生产方式，是当今制造业组织生产、进行经营管理，走向信息化社会的一种理念和标志。

#### 1. CIMS 的定义

我们把“将计算机技术集成到整个制造过程中所构成的系统”称为 CIMS。CIMS 的对象是制造业，手段是计算机信息技术，实现的关键是集成，集成的核心是数据管理。在 CIMS

中,利用计算机将接受订单、产品设计、生产制造、入库与销售以及经营管理的整个过程连接起来,形成一个自动的流水线,从而建立企业现代化的生产管理模式。

## 2. CIMS 的构成及有关技术

计算机集成制造系统主要由设计与工艺模块、制造模块、管理信息模块和存储运输模块构成。设计与工艺模块的主要功能模块有 CAD、CAE、CAPP、CAM 等,制造模块的主要功能包括 DNC、CNC、车间生产计划、作业调度、刀具管理、质量检测与控制、装配、自动化仓库、FMC/FMS 等;管理信息模块的主要功能是市场预测、物料需求计划、生产计算、成本核算及销售等;存储运输模块主要实现仓库管理、自动搬运等功能。

CIMS 的有关技术包括:材料需求计划、制造资源计划、企业资源计划、准时制造、敏捷制造和虚拟制造。

## 3. CIMS 的现状与发展趋势

目前我国已造就了一支约 3000 人的具有较高水平的 CIMS 研究队伍。CIMS 总体技术的研究已处于国际上比较先进的水平。在 CIMS 产业化方面,国产 CIMS 产业已经崛起,初步形成了 11 个系列的 CIMS 目标产品,覆盖了企业信息化工程所需要软件产品的 85% 以上。在 CIMS 的应用方面,我国已在 20 多个省市、10 多个行业的 200 多个企业实施或正在实施 CIMS 应用示范工程,其中已有约 50 家企业通过验收,并取得显著效益。

我国的 CIMS 主题应用示范工程自 1989 年正式启动以来,已有 200 多家大中型企业成功实施了 CIMS 应用示范工程,取得了显著的成效:新产品开发周期缩短  $1/2 \sim 1/3$ ,管理效率提高了 1 倍,库存压缩 20%。CIMS 造就了一大批知名企业。在科龙、金城、海尔、宝钢、邯钢等中国知名企业里,到处都能看到 CIMS 的身影。

CIMS 技术的发展趋势可以概括为集成化、智能化、全球化、虚拟化、柔性化和绿色化。

(1) 集成化。CIMS 的“集成”已发展到当前的以并行工程为代表的过程集成,并正在向以敏捷制造为代表的企业间集成发展。

(2) 智能化。智能化是制造系统在柔性化和集成化基础上进一步的发展和延伸,目前已广泛开展对具有自律、分布、智能、仿生等特点的下一代制造系统的研究。

(3) 全球化。随着“网络全球化”、“市场全球化”、“竞争全球化”和“经营全球化”的出现,许多企业都积极采用“敏捷制造”、“全球制造”和“网络制造”的策略。

(4) 虚拟化。主要包括虚拟现实、虚拟产品开发、虚拟制造和虚拟企业等。

(5) 柔性化。正积极研究发展企业间动态联盟技术,敏捷设计生产技术,柔性可重组机器技术等,以实现敏捷制造。

(6) 绿色化。绿色制造、面向环境的设计与制造、生态工厂、清洁化工厂等概念是全球可持续发展战略在制造技术中的体现,是摆在现代制造业面前的一个新课题。

### 8.4.3 虚拟制造

虚拟制造是根据企业市场竞争的需求,在强调柔性和快速的前提下,于 20 世纪 80 年代提出的,随着计算机技术和信息网络技术的发展,在 90 年代得到人们的重视,并获得迅速的发展。

#### 1. 核心技术

虚拟制造是一种新的制造技术,它以信息技术、仿真技术和虚拟现实技术为支持。虚拟



制造技术涉及面很广，如建模技术、仿真技术、虚拟现实技术、环境构成技术、过程特征抽取、集成基础结构的体系结构、制造特征数据集成、决策支持工具、接口技术等，其中前3项是虚拟制造的核心技术。

## 2. 在制造业中的应用

虚拟制造技术最初在飞机、汽车等领域获得成功的应用。目前虚拟制造技术应用在以下几个方面：

(1) 虚拟企业。为了快速响应市场的需求，围绕新产品开发，利用不同地域的现有资源，不同的企业或不同地点的工厂，重新组织一个新公司，这种联作公司称为虚拟公司，是一种虚拟企业，它是具有集成性和实效性两大特点的经济实体。在面对多变的市场需求下，虚拟企业具有加快新产品开发速度，提高产品质量，降低生产成本，快速响应用户的需求，缩短产品生产周期等优点。因此虚拟企业是快速响应市场需求的部队，能在商战中为企业把握机遇和带来优势。

(2) 虚拟产品设计。例如飞机、汽车的外形设计是否符合空气动力学原理，运动过程中所受到的阻力大小，内部结构布局的合理性等。在复杂管道系统设计中，采用虚拟技术，设计者可以“进入其中”进行管道布置。

(3) 虚拟产品制造。应用计算机仿真技术，对零件的加工方法、工序顺序、工装的选用、工艺参数的选用，加工工艺性、装配工艺性、配合件之间的配合性、连接件之间的连接性等均可建模仿真，可以提前发现加工缺陷，提前发现装配时出现的问题，从而能够优化制造过程，提高加工效率。

(4) 虚拟生产过程。产品生产过程的合理制定、人力资源、制造资源、物料库存、生产调度、生产系统的规划设计等，均可通过计算机仿真进行优化，同时还可对生产系统进行可靠性分析，对生产过程的资金进行分析预测，对产品市场进行分析预测等，从而对人力资源、制造资源的合理配置，对缩短产品生产周期，对降低成本都具有重大意义。

## 8.5 计算机在商业、银行、证券业中的应用

商业是计算机最为活跃的领域之一，随着计算机的发展以及网络技术的日趋成熟，计算机在银行与证券业中也有广泛的应用，它为这些领域带来了变革和活力，改变了它们的业务处理模式。

### 8.5.1 计算机在商业中的应用

#### 1. 电子商务

电子商务（Electronic Commerce, EC）是人类经济、科技、文化发展的必然产物，是信息化社会的商务模式和未来。直观地说，所谓电子商务就是组织或个人在以通信网络为基础的计算机系统支持下的网上商务活动，即当企业将其主要业务通过 Intranet, Extranet 以及 Internet 与企业的职员、客户、供应商及合作伙伴直接相连时，其中所发生的各种商业活动。

(1) 电子商务的特征。电子商务作为一种新的商务形式具有一些明显的特征，总结起来有以下几点：商务性、低成本、电子化、可扩展性、安全性和集成性。

1) 商务性。电子商务最基本的特性为商务性，即提供买、卖交易的服务、手段和机会。

网上购物提供了一种客户所需要的方便途径。

2) 低成本。没有店面租金成本、销售人员和商品库存压力,以及很低的行销成本。

3) 电子化。电子商务的电子化特性主要来自以下几个方面。首先,书写电子化、传递数据化;其次支付手段高度电子化;再次,便于收集客户信息;最后,特别适用于电子信息产品的销售。

4) 可扩展性。对于电子商务来说,可扩展性是系统稳定的保障。如果在出现高峰状况时能及时扩展,就可使系统阻塞的可能性大为下降,避免大量客户流失。

5) 安全性。在电子商务中,安全性是必须考虑的核心问题,包括加密机制、签名机制、分布式安全管理、存取控制、防火墙、安全万维网服务器、防病毒保护等。

6) 集成性。是电子商务的另一特征,电子商务是各种技术、部门、功能的综合与集成。它包括计算机、网络、多媒体、通信等技术,涉及商业、银行、法律、金融、物流等领域。

(2) 电子商务的分类。电子商务应用分类形式多样,在此着重介绍最基本的按参加主体和按交易对象进行的分类。按参加主体划分,可将电子商务分为企业间电子商务(B2B或B to B)、企业对消费者电子商务(B2C或B to C)、政府对企业电子商务和消费者电子商务等,其中最重要的是前两项。按交易的对象划分,可将电子商务分为三类:有形商品电子商务、数字商品电子商务和服务商品电子商务。

1) B2B。公司可以用电子化形式将关键的商务处理过程连接起来,以形成虚拟企业。

2) B2C。这种模式节省了客户和企业双方的时间、空间,从而大大提高了交易效率,节省了各类不必要的开支。因而,得到了人们的认同,获得了迅速的发展。

3) 有形商品电子商务。是指将实物商品的交易尽可能通过网络来完成,这是电子商务的一个重要部分,也是传统商务与电子商务相互交叉的产物。与其他两种电子商务相比,有形商品电子商务具有一个明显的特点,就是它与物流过程紧密结合在一起。

4) 数字商品电子商务。指通过网络传输数字商品,达成交易的电子商务形式。在此交易过程中,没有实物商品流通过程,因此也就没有商品的储存、包装和运输费用。

5) 服务商品电子商务。交易对象是服务商品,它提供的也是无形商品,但和数字商品电子商务不同的是,在此商务流程中也结合了物流过程,例如邮政电子商务等。

(3) 电子商务展望。政府与企业(G2B或G to B)。主要是政府采购在电子商务中的应用。政府采购是指各级政府为了开展日常政务活动或为公众提供公共服务的需要,在财政的监督下,以法定形式方法及程序,从市场上为政府部门和所属公共部门购买商品和服务。

个人对个人的商务活动。在传统上主要通过分类广告、收藏品展示、旧物出售和跳蚤市场这样的贸易方式或场所进行,或者通过拍卖行、当地分销商这样的中介进行。因特网电子商务的发展为C2C打开了方便之门,将因特网用于C2C贸易,可以扩大市场潜力,创造更多的市场机会。

(4) 电子商务的发展趋势。网上城市。从经济学的角度来看,网上活动的增加必然导致大量各类因特网服务商,如ICP(因特网内容提供商)、ISP(因特网服务提供商)和LAP(因特网接入提供商)的急剧增加,之后便是银行和物流业的介入。如此,网上城市的形成条件便初步具备了。这里所讲的网上城市仅指在同一个城市里建立一个综合各门各类的商务平台,来进行各种日常活动,如购物、订票、网上远程教育、炒股、娱乐等。

中国电子商务将向融合趋势发展。中国的电报网、电话网、传呼网、传真网、广播电视网、



卫星网及计算机网络都形成了一定的规模。在短时期内，将传统的通信网络放弃是不现实的，近年来，在国内实现网络互联、多网合一的呼声越来越高，通信网络的互联已成为一种趋势。

B2B 电子商务将成为主流。中国电子商务发展受到国民信息化、计算机普及率、消费者收入和观念等因素的制约，在短期内 B2C 的蓬勃发展障碍还比较多，但企业间电子商务的迅速发展条件已经具备。第一，国际 B2B 电子商务发展迅速；第二，国家对企业上网给予积极鼓励和大力扶持；第三，企业信息化建设速度相对较快，比较容易实现网络交易；第四，电子商务是众多企业，尤其是中小企业发展的契机，它的低成本和方便快捷等特性尤为适合经济落后地区的企业。

2. 电子交换技术

电子数据交换（EDI）是指按照协议，对具有一定结构的信息，通过数据通信网络，在贸易伙伴的计算机系统之间进行交换和处理。EDI 包括网络、标准和软件三大部分。

网络：传统的 EDI 是在专用网络上实现的，这类专用网络称为增值网（VAN），这样做的目的主要是考虑到安全问题。

标准：由于不同企业的信息格式不同，需要以统一的 EDI 标准格式文件作为信息交换的中间媒介。目前国际间统一的 EDI 标准是联合国主持制订的 UN/EDIFACT。

软件：EDI 的软件主要用于将用户应用系统中的信息翻译成 EDI 标准格式，并通过专用通信协议进行传输与交换。

（1）EDI 的工作方式。加上通信交换信封，通过通信软件发送到增值服务网络或直接传给对方用户，对方用户则进行相反的处理过程，最后成为用户应用系统能够接受的文件格式进行收阅处理。如图 8.1 所示为 EPI 的工作方式。

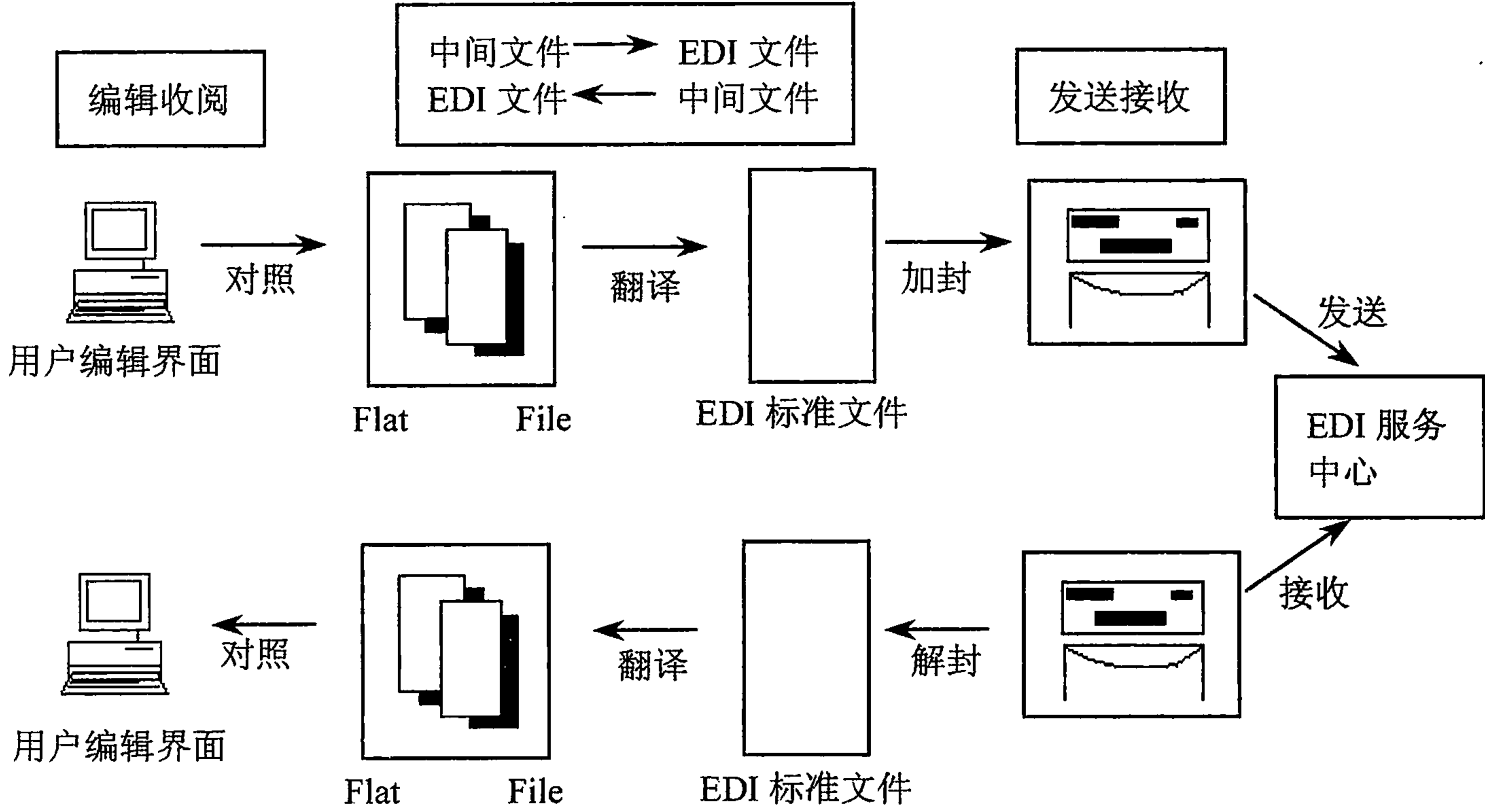


图 8.1 EDI 的工作方式

（2）EDI 的特点、使用范围和优势。

1) EDI 的特点。EDI 的使用对象是多个不同的组织；EDI 所传送的资料是一般业务资料，如发票、订单等，而不是指一般性的通知；采用共同标准化的格式，这也是与一般 E-mail 的

区别,如联合国 EDIFACT 标准;尽量避免人工的介入操作,由收送双方的计算机系统直接传送、交换资料。

2) EDI 的使用范围。EDI 系统可以在世界范围内交付和使用。那么 EDI 的应用涉及到哪些部门呢?从 EDI 应用的地区范围看:在一个国家内,要涉及买卖双方、银行、运输业;跨国的 EDI 要涉及订货、发货、运输、报关、商检、银行结算和保险等活动,因此要涉及到进出口商、运输公司、保险公司、海关、商检、银行等部门。如图 8.2 所示为国际贸易中 EDI 系统的结构。我国开发的金关工程就是国际贸易 EDI 的应用实例。

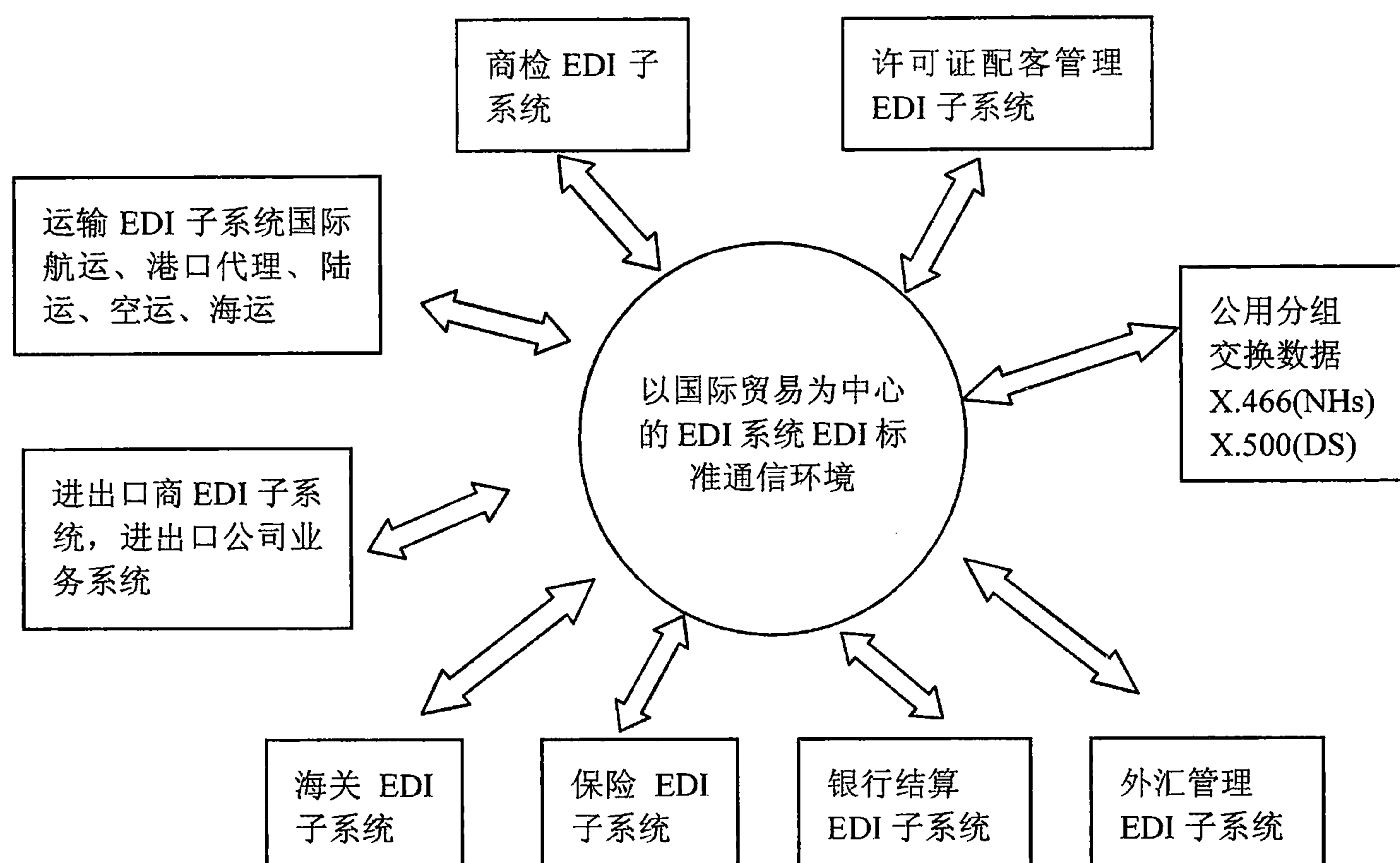


图 8.2 国际贸易 EDI 结构

3) EDI 的优势。使用 EDI 的主要优点有:降低纸张使用成本、提高工作效率、减少错误数据处理、节省人员费用。使用 EDI 后,还可节省库存费用,改善与客户之间的关系(即买卖双方的关系),提高企业竞争力,迅速获得正确资料等。

### 8.5.2 计算机在银行中的应用

#### 1. 网络银行

网络银行是指利用 Internet 和 Intranet 技术,为客户提供综合、统一、安全、实时的银行服务,包括提供对私、对公的各种零售和批发的全方位银行业务,还可以为客户提供跨国支付等其他的贸易、非贸易的银行业务服务。

(1) 网络银行的特征。网络银行又称电子银行或网上银行,是银行在网上开办的服务系统,是在线交易和从事金融活动的基础,是信息革命贡献给金融电子化领域的最新创意。具有如下特点:

- 交易无纸化、业务无纸化和办公无纸化。
- 将传统银行使用的票据和单据都全面电子化,如电子支票、电子汇票和电子收据等。



- 全面使用电子货币，包括电子钱包、电子信用卡、电子现金等。
- 银行业务、办公文件全改为电子化文件、电子化票据和证据，签名也用数字化签名。

（2）网络银行的功能。要搞清网络银行的功能，首先要搞清传统商业银行的业务范围。商业银行的业务种类包括 5 类：零售业务、国内批发业务、全球批发业务、投资及信托业务。

网络银行的功能一般包括银行业务项目、商务服务和信息发布：

- 银行业务项目主要包括个人银行、对公业务（企业银行）、信用卡业务、多种付款方式、国际业务、信贷及特色服务等功能。
- 商务服务包括投资理财、资本市场及政府服务等功能。
- 信息发布包括国际市场外汇行情、对公利率、储蓄利率、汇率、国际金融信息、证券行情和银行信息等功能。

（3）网络银行模式。网络银行模式包括两个方面的内容：一个是指网络银行的运行机制，另一个是指网络银行的业务模式。

1) 网络银行的运行机制。从网络银行的运行机制上讲有两种模式。一种模式是完全依赖于 Internet 发展起来的全新的网络银行，这类银行的几乎所有银行业务交易都依靠因特网进行。1995 年 10 月，美国在 Internet 上成立了全球第一家网络银行——安全第一网络银行（SFNB）。它通过 Internet 网络提供全球范围的金融服务。另一种模式是指现在传统银行运用 Internet 开展传统的银行业务交易处理服务，并通过 Internet 发展家庭银行、企业银行等服务。在美国的前 50 家银行中，目前已有大部分银行允许客户通过 WWW 访问其网址，查看自己的账户信息。我国的中国银行、招商银行等也在网上开展了部分业务。

2) 网络银行的业务模式。从目前网络银行业务发展方面看，主要有 3 种模式。第一种模式是把网络银行所针对的客户群设定为零售客户，把网络银行作为银行的零售业务柜台的延伸，达到 24 小时不间断服务的效果，节省银行的成本。通过这种方式美国的花旗银行（CitiBank）和美洲银行（Bank of America）都取得了一定的成功。第二种模式是网络银行以批发业务为主，即在 Internet 上处理银行间的交易和银行间的资金来往等。第三种模式是网络银行包括前两方面的业务，是前两种的结合。无论是零售业务还是批发业务，网络银行这种方式都会有用武之地，关键看银行如何来包装和推销自己。未来全功能的网络银行应采取的是第三种模式。

## 2. 自动取款机（ATM）

自动取款机是指持卡人不通过银行服务工作人员，直接从自动取款机内取出现金的机器。近年来随着科学技术的发展，银行大量采用计算机，使得银行卡已经和计算机密切联系起来。自动取款机的产生是因为商业银行的零售客户及个人客房取款频繁而每次取款金额较小，银行雇用大量人员来应付客户取款显得不经济，而且出纳工作的繁杂也给客户带来很多不便。自动取款机的出现大大提高了银行零售服务的效率，减少了消费的等待服务时间，也提高了消费者财产的秘密性，为越来越多的消费者所接受。继自动提款机后，银行又开发出自动存款机。自动存款机才是真正意义上的自动柜员机，它不仅具备取款和存款功能，而且添加了汇款、付账和申请支票功能。

ATM 机给顾客带来了一种崭新的银行服务方式，与柜台操作方式相比具有明显的优越性，主要表现在：自我服务、方便易学、效率提高、跨越时空的服务和个人财产秘密的保护。

### 8.5.3 计算机在证券业中的应用

#### 1. 网上证券交易形式

(1) 实时股市行情接收。股票行情按显示方式可分为文字和图形两种。文字行情是采用文字刷新来显示股价变动, 图纸行情是将股价变动通过图示表示出来。客户可以从客户端发出请求, 由主机提取最新数据库后单独返回客户端显示。

(2) 实时网上交易。顾客输入个人资金账号、股票账号以及交易密码, 可确保股票买卖的准确性, 也可以方便及时地查询自己的股票成交情况, 另外顾客还可以通过电子邮件收到个人资金及股票变动情况。

(3) 盘后行情数据接收。通过 Internet 和 BBS 站点上的每日静态分析数据文件, 投资者不仅能了解股票价格情况, 而且能进行复杂的股票行情分析。

#### 2. 网上证券买卖的优越性

归纳起来, 电子证券交易有以下优越性:

(1) 具有交互式双向信息交流模式。

(2) 不受时间、空间限制, 极大地方便了由于工作原因或身体原因不能去营业场所的股民。

(3) 由于股民可自动处理交易流程, 不需复杂手续即可实现买卖交易, 从而改善了股民交易环境, 吸引更多人入市。

(4) 网络股票交易成本低廉, 在美国通过传统方式交换股票成本为每股 1~2 美分, 而网络股票交易的成本仅为每股 0.15 美分。

## 8.6 计算机在交通运输业中的应用

现在世界各国不仅把计算机应用在科研、教育、医学上, 在交通运输上也有很大的应用。交通运输业可以比喻为是现代社会的大动脉, 无论是航空、铁路、公路和水运都在使用计算机来进行监控、管理或提供服务。全球卫星定位系统、智能交通系统、地理信息系统、坐席预定系统以及交通监控系统等都是计算机在交通运输业中的典型应用。

### 8.6.1 全球卫星定位系统

全球卫星定位系统 (Global Positioning System, GPS) 是美国军方 20 世纪 70 年代在“子午仪卫星导航定位”技术上发展起来的具有全球性、全能性 (陆地、海洋、航空与航天)、全天候性优势的导航定位、定时、测速系统。随着 GPS 的发展, 人们越来越意识到它的重大作用和广阔的应用领域。除了军事应用外, 它已被应用于航空、航天、航海、公路交通、测量、勘探等诸多领域, 如今已经发展成为一个高科技产业。

#### 1. GPS 的组成

GPS 主要由三大部分组成: 空间段、控制段 (地面段) 和用户段。

(1) 空间段。空间段由多个定位卫星组成, 卫星上安装有遥测发射机、遥控接收机、精密时钟、发射天线阵列和电源设备等, 可向全球的用户接收系统连续地发射 GPS 导航信号, 从而实现全球连接、实时地导航和定位。

(2) 控制段。主要包括主控站、多个监测站和注入站。主要功能是对空间卫星系统进行



监测、控制，并向每颗卫星注入更新的导航电文。

(3) 用户段。用户设备包括天线、GPS 卫星接收机和 GPS 卫星导航仪。完成接收导航信号、处理信号等工作，最终计算出对预定航线的偏离和到达目的地所需的正确航线、航速和航行时间等。

## 2. GPS 的应用

陆地交通运输是当前 GPS 最大的应用领域，特别是在车辆导航和跟踪应用方面发挥着突出作用，显示出巨大的市场。据交通系统有关方面资料记载和目前实际现状，GPS 在以下方面应用比较普遍：

(1) GPS 在智能交通系统中的应用。GPS 在智能交通系统（ITS）中主要应用于车辆的定位和导航系统。GPS 定位导航系统与电子地图、无线电通信网络及计算机车辆管理信息系统相结合，可以实现车辆跟踪和交通管理等许多功能，这些功能主要包括：车辆跟踪、提供出行路线规划和导航、信息查询、交通指挥、紧急援助等，从整体来说，自动车辆定位导航系统是 ITS 中非常关键的部分，利用它可以很好地实现对交通运输系统过程的控制、交通信息服务、道路应急及多种信息服务。

(2) GPS 在道路工程中的应用。目前主要是用于建立各种道路工程控制网、特大桥梁的控制测量，在隧道测量中也具有广泛的应用前景。

(3) GPS 系统在物流方面的应用。根据市场经济发展变化的需求，物流也和能源流、信息流一样，是人类社会的一大动脉，物流管理的进步直接影响交通运输业、商贸以及公用事业等各个领域的管理、生产技术和经济效益。GPS 车辆跟踪服务系统在加速实现物流业的现代化方面大有作为。

由于 GPS 系统具有定位精度从数十米至毫米级的技术特性，同时系统的空间卫星上载有精密的时钟可以发布时间和频率信息，因此，GPS 除了应用于交通运输方面外，在水力、农业、铁路、地震监测、通信产业、民用航空、测绘和制图、大气科研、管道施工、公共安全、城市规划、土地管理、影视广播等方面也有着极其广泛的应用，同时发挥了理想的社会效益和经济效益。

## 3. GPS 的发展与前景

近些年来，GPS 的应用差不多涉及国民经济的各个领域，是现代信息社会重要的信息来源，成为信息时代的国家基础设施之一。在我国交通运输业中，目前拥有数以几十万计的各类船只，以百万计的各种车辆，铁路和航空方面也拥有相当数量的运输载体，这些移动目标是当前 GPS 最大的应用领域。随着国民经济的不断发展，人们对运输载体的监控、跟踪以及智能化管理的要求越来越高，GPS 拥有巨大的需求市场。

### 8.6.2 智能交通系统

#### 1. 智能交通系统的概述

智能交通系统（Intelligent Transport System, ITS）是将计算机、通信、人工智能、电子传感及电子控制等先进技术应用于交通运输领域的综合与集成。它建立了一种在大范围内、全方位发挥作用的，实时、准确、高效的综合交通运输管理系统，提高了交通基础设施的运用效率、改善了交通运输环境、缓解了交通拥挤、保障了交通运输安全、改善了运输服务质量以及减少了交通运输对环境的不利影响。

## 2. 智能交通系统产生的背景

当今世界各国的大城市无不存在着交通拥挤问题。以美国为例，1976至1997年期间，年车辆公里数以77%的速度上升，可是同期道路建设里程的增长数却仅为2%，在城市交通的高峰时期，54%的车处于拥挤状态。由于交通拥挤，人们每天消耗在上下班的时间比平时平均多了1.5h。同时还导致商业车辆在交通运输中延误，增加了运输成本。然而有限的土地和经济制约等使得道路建设不可能达到相对满意的里程数，所以就需要在不扩张路网规模的前提下，提高交通路网的通行能力。这就需要综合运用现代信息与通信技术等手段来提高交通运输的效率。

过去10年来，在ITS发展方面已取得了显著的成就：

- 更好更有效地利用现有的地面交通设施。
- 为出行者提供各种信息以便他们更合理地计划出行日程。
- 大幅度地减少各种交通伤亡事故。
- 增强对交通事故的应变能力，提供更快、更有效的急救服务和事故现场清理，保障正常交通的迅速恢复。
- 通过缓解交通拥塞，减少撞车事故，实现收费自动化和货车边境入关检查自动化，来保持各种道路设施的通畅。

未来的ITS将实现各种方式的地面交通以及与之相关的空中和海洋交通运输的一体化，ITS将促使整个交通运输系统朝着具有良好的使用性能和优质的服务性能的方向改进，ITS将以前所未有的水平来增强客货运输的机动性，同时在节约时间、金钱和拯救生命财产方面发挥巨大的作用。

## 3. 国外ITS的研究、应用介绍

在美国，ITS应用发展较快的几个方面分别是：车辆安全系统、电子收费、公路及车辆管理系统、实时自动定位系统和商业车辆管理系统。

欧洲在ITS应用方面的进展，介于日本和美国之间。在开发先进的旅行信息系统(ATIS)、先进的车辆控制系统(AVCS)、先进的商业车辆运行系统(ACVO)、先进的电子收费系统方面，前景十分广阔。如图8.3所示为在欧洲开展的DELTA计划，在汽车出厂之前，车载信标已经被集成在车载计算机中，成为车辆识别和同路边设备进行通信的车辆必选器件，信标的电源直接由汽车供应。

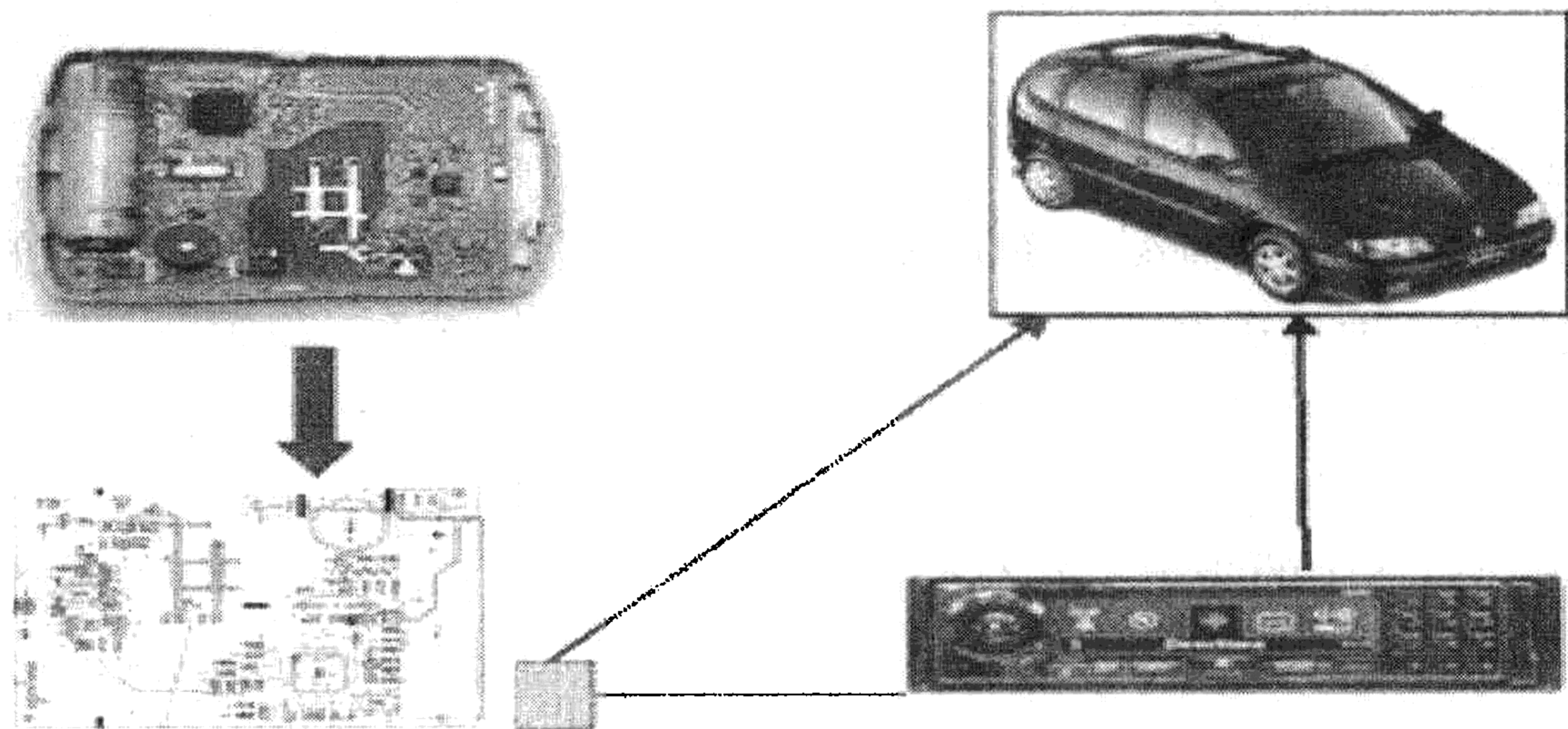


图 8.3 在欧洲开展的 DELTA 计划



日本政府在 ITS 领域进行了大量的资金、政策等方面的投入，以期形成 ITS 产业推动日本经济发展。在过去的 5 至 6 年时间里，已经有近 400 万套车内导航系统在市场上应用。日本的 ITS 主要应用在交通信息提供、电子收费、公共交通、商业车辆管理以及紧急车辆优先等方面。

### 8.6.3 地理信息系统

地理信息系统（Geographic Information System, GIS）是在计算机的支持下，运用系统工程和信息科学的理论与技术，科学管理和综合分析具有空间内涵的地理数据，以提供规划、管理、决策和研究中所需信息的系统。

#### 1. 地理信息系统（GIS）的组成及功能

GIS 主要由三大部分组成，即计算机及其附属设备，地理数据库及其数据操作、分析功能的数据库管理系统，各种制图输出工具及其他输出设备。它具有良好的四大功能：

（1）数据的操作与处理功能。地理信息系统属空间型数据库管理系统，但它也具备一般数据库管理系统所具有的数据输入、存储、编辑、查询、显示和输出等基本功能。另外为了满足各种用户的要求，能对数据进行一系列的操作运算与处理。主要操作包括坐标变换、投影变换、空间数据类型的转换、地图边缘匹配等。主要的运算有算术运算、关系运算、逻辑运算和函数运算等。其输出结果可以是数据、数据库表格、报告、统计图、专题图等多种形式，实现所见即所得的目的。

（2）制图功能。这是地理信息系统最重要的功能，包括专题图制作，在地图上显示出地理要素，并能赋予数值范围，同时可放大缩小以表明不同的细节层次。地理信息系统不仅可以为用户输出全要素图，而且可以根据用户需要分层输出专题地图以显示不同要素和活动位置，或有关属性内容，可将地图与各种专题图、统计图表、浏览表、图例、查询信息等组织在一起打印。

（3）空间查询与分析功能。地理信息系统具有强大的空间数据处理能力和多种数据的综合能力，可进行空间图形与属性的双向查询，根据空间图形查询有关属性，根据属性特征查询到空间图形，并可根据需要进行最佳路径分析。其应用功能不仅仅表现在它能提供一些静态的查询、检索数据，更有意义的是用户可以根据需要建立一个应用分析模式，产生许多有用的新信息，通过动态分析，进行计算机智能决策，从而为评价、管理提供服务。

（4）地形分析功能。地形分析主要通过数字地形模型（DTM），以离散分布的平面点来模拟连续分布的地形，再从中提取各种地形分析数据。地形分析主要包括等高线分析、透视图分析、坡度坡向分析、断面图分析等。

#### 2. GIS 的应用

GIS 的应用领域已由自动制图、资源管理、土地利用发展到与地理位置相关的邮电通信、水利电力、金融保险、地质矿产、交通运输等多个领域。在交通工程领域，采用 GIS 技术和方法研究交通规划、工程管理、交通运输及其相关的问题，与其他传统的方法相比，具有无可比拟的优点，如快速灵活性、客观定量性、强大的分析模拟能力等。

（1）交通规划设计中的应用。在交通规划与设计当中，可用地理信息系统进行路网的规划、选址、分析最佳路径等工作，而且地理信息系统还具有计算机辅助设计的功能，能为工程师提供道路、桥梁、交叉路口等的设计工具，为路网的优化设计提供方便。

（2）公路管理中的应用。利用地理信息系统的产品及其信息可视化技术，可方便、有效、

快速地存储、更新、操作、统计、分析和显示所有交通网络信息,能为公路的主管部门提供及时、准确、较全面的有关公路的信息,实现数据与图形、图像的综合处理,解决沿线定位和空间定位的互换,能提供一套较完整的系统建设与维修的技术文档资料,对公路交通的管理将起到积极的作用。

(3) 交通设施管理中的应用。GIS 由于具有地理图形和空间定位等的空间型数据库管理系统,它使我们可以采用地图、数字数据、照片、文本、录像、声音等数据记录手段,以记录信息的空间位置、时间分布和属性特征等,然后可以根据用户的需要,输出所要的各种信息。

(4) 运营管理中的应用。由于地理信息系统具有地理、地形等数据的查询、分析统计功能,所以在运输企业的运营管理当中,可以利用建立交通地理信息系统数据库,为管理部门或用户提供各种查询和分析方法。

#### 8.6.4 坐席预定系统

坐席预订与售票系统是一个由大型数据库和遍布全国乃至全世界的成千上万台计算机终端组成的大规模计算机综合系统。其主机通过计算机网络与分布在各地的计算机或者定票终端相连接,接收定票信息,并通过专门的管理软件对大型数据库中的票务信息进行实时、准确的维护与管理。

坐席预订与售票系统不仅给旅客带来方便,而且可以提高运输的效率。不仅如此,坐席预订系统所提供的信息还可以用来规划航空公司或铁路有关部门的工作。例如,可以根据坐席的预订情况动态地调整车次、航班,合理地安排工作人员以及食品、燃料的供应等。

目前,我国的铁路和航空都已经采用了坐席预定与售票系统,实现了售票的自动化,其优越性主要表现在:方便旅客购票、售票速度快、实现客票统一调度、实现客票信息共享。

### 8.7 计算机在医学中的应用

计算机在医学中有着越来越广泛的应用,地位也日趋重要,主要应用于医学教育与实验、医学诊断、临床护理等领域。

#### 8.7.1 在医学教育与医学实验中的应用

医学教育不仅仅是传授传统的医学理论、医学原理,而且还需要介绍现代医学的发展,了解有关医学的最新动态。计算机技术的发展,特别是多媒体及计算机网络技术的发展,将对传统的医学教学模式产生巨大的影响。多媒体技术将为我们在医学教学上创造一个在功能上、空间上及时间上交互的崭新环境,而网络技术的发展使教学的内容及手段产生根本性的改变。医学教学中往往难以直接展示人体的结构、疾病发生及发展过程等教学内容,以多媒体方式演示即可达到教学的效果,而对病人没有任何不良的影响。

在医学实验中的应用主要有两方面:

(1) 控制实验室条件。室内的温湿度,光线等用计算机自动控制,以保持实验室环境条件的绝对恒定。计算机做药物在体内代谢的实验时,只要把一种药物的投药方法、剂量及给药间隔时间送入系统,药物在体内的代谢曲线即可在荧光屏上出现,它比化学方法测定血药尝试快而准确,效率高。



（2）模拟实验。模拟实验大体可以分为两种：第一种是将研究现象先作数学药理研究，通过电脑运算得出结果，然后再做动物实验验证，这样可取代大量的动物实验；第二种模拟研究是当现实条件不可能时，求助于电脑，这种研究方法可以开拓新的局面。

### 8.7.2 临床护理

计算机网络在临床护理中的应用为护理工作适应当今医学模式提供了有利的条件。随着医学模式由生物医学模式转变为生物心理、社会医学模式，护理工作已经由以病人为中心的病房代替过去各种以任务为中心的病房。护士要全面了解病人生理、心理、社会、文化各方面状况，在计算机的辅助下系统地解决病人不断出现的各种健康问题，为病人提供适合其个人需要的最佳护理和健康指导。

临床处方设计。计算机系统可根据病人的情况，指出病人每天需要各种物质及其输液的数量，大大提高工作质量和效率。

临床用药监护仪。临床用药监护仪具有检索 504 种常用中西药物的潜在性相互作用，不良反应、禁忌证及 204 种注射液的 pH 值、配伍变化、成人剂量及老幼折算等 7 种功能，是应用于医疗卫生作为瞻性用药监护和回顾医疗质量分析的工具。

### 8.7.3 计算机智能技术在医学诊断中的应用

计算机智能技术在医学诊断中正得到日益广泛的应用。医学诊断领域存在着许多实际问题，我们无法获得足够的所需要的信息，在这种情况下使用常规的计算方法很难解决问题，而计算机智能在这方面却可以大显身手。专家系统、人工神经网络、模糊系统、进化算法、数据提取、知识探索等都属于计算机智能的范畴。

### 8.7.4 计算机在药品管理中的应用

#### 1. 在药房中的应用

在许多国家，计算机技术已在医院药房工作中普遍应用，不仅能够处理一般事务，如果必要，还可以在监视器上显示患者近阶段的用药情况，以监测病人是否按医嘱用药。目前，计算机在药房工作中有多方面的应用：

（1）药库管理中的药品编码系统。在医院药库计算机管理系统中，为数千种不同品名、不同规格和不同剂型的药物设计一套科学的编码系统。我国已有 35 所医院统计药品采用这种方式，绝大部分医院采用的是北京协和医院的编码系统。

（2）配发处方上的药品，并保存有关记录。

（3）数量和金额统计。它能够提供消耗药品的数量和金额与结存药品的数量和金额。运用计算机来进行处方统计和分析，将会使医院药房的工作效率和质量大为提高，能把药师从繁忙的劳动中解放出来，以便集中精力处理医院药房工作的其他环节。

#### 2. 药物虚拟筛选

药物虚拟筛选是指在计算机上利用软件筛选可能与配体结合的小分子化合物。组合化学的发展已经实现在短时间内合成数以百万的小分子化合物。如此大规模的计算量即使是超级计算机也无法承担。利用局域网数百台计算机进行并行计算虽然提高了筛选速度，但筛选库容非常巨大的化合物库时也会耗费相当长的时间。而国际互联网上连接有不计其数的个人计算机，

如果让这些计算机都参与筛选工作的话,无疑将大大缩短筛选时间。计算机并行处理技术就可以将这个设想变成现实。

### 3. 电脑控制给药

电脑控制给药系统被称为开玛系统(CalmaSystem),是一种按需要给药系统。如输液监护仪可自动控制药物注射的剂量和速度。“人工胰脏”就是用微电脑自动控制胰岛素的注入时间、剂量和速度,达到更好的治疗糖尿病的目的。对血压用电脑控制甚为平稳,用药量可大大下降。开玛系统的出现,给药理学及生理学揭示了一系列新课题。这是收效极速的待开发的新领域。

计算机可用于药物动力学计算。美国有人用计算机对肾功能损伤病人所用氨基糖甙类抗生素的剂量进行计算,计算机预测血药浓度和实测值一样准确,避免了肾中毒。

## 8.8 计算机在办公自动化中的应用

办公自动化就是利用计算机和其他各种电子的、机械的办公设备,辅助办公工作的进行,提高办公室工作效率,实现政务处理信息化、流程化。办公自动化系统由办公自动化硬件及软件两大部分组成:硬件包括计算机、计算机网络终端设备及其他专用设备;软件包括系统软件、办公自动化通用软件及自动化专用软件。办公自动化系统可以分为3个层次:事务型办公自动化系统、管理型办公自动化系统和决策型办公自动化系统。

事务型办公自动化系统一般具备以下功能:

(1) 文件处理。可进行文字输入、文本编辑、复制、存储和显示。具有灵活的字型选择,可在一个文件中出现各种字体,完成通常文字秘书必须承担的工作。

(2) 资料管理。资料信息规范化和软件化,以磁盘文件代替现有部分的一般资料。对资料使用数据库管理系统,充分利用现有的汉字编制出便于进行登记、存储、分类、查询及制表的实用程序,且要求具有一定的保密手段。

(3) 工作日程安排。辅助编制个人或部门的工作日程计划,具有自动提醒和警告功能。

(4) 文档管理。具有对各类公文的收发、登录、批示、处理、借阅、查询等功能,并能够方便地进行查询和检索。

(5) 行文管理。对个人或部门的文档进行存储和管理,并能够方便地进行查询和检索。

(6) 邮件处理。包括普通邮件处理和E-mail的处理。

(7) 排版与印刷。对文件进行排版处理,使用制版机和胶印机等进行快速印刷。

(8) 视频会议。不同于只传送声音的电话会议和只传送文字的E-mail会议,与会者之间既能够“闻其声”,又能够“见其人”,从而可以相互交流,具有实时交互性。

管理型办公自动化系统是较高层次的办公系统。它主要应用于政府机关,根据各个政府职能部门的不同,可以划分为计划子系统、统计子系统、财政子系统、贸易子系统、交通子系统、物价子系统、农业子系统、金融子系统、人事子系统以及审计子系统等。

决策型办公自动化系统是最高层次的办公自动化系统,它以事务处理和信息管理为基础,主要提供辅助决策支持的功能。它在政府机关中主要应用于国民经济计划和综合平衡、经济发展预测、经济效益预测、经济结果分析等。



## 思考题与习题

1. 计算机在科学研究中有哪些应用？虚拟现实有哪些基本特征，可应用于哪些方面？
2. 校园网建设主要包括哪些方面？
3. 计算机在制造业中有哪些应用？什么是 CAM、CIMS？
4. 计算机在商业中有哪些应用？什么是电子商务？什么是 EDI？
5. 试设想计算机还可能有哪些新的应用领域，其中将会用到哪些技术？

## 第9章 计算机科学技术学科适应领域与择业

### 本章学习目标

由于计算机在各行各业中的广泛使用，使得无论是从事计算机工作的专业人员还是从事其他行业的工作人员，计算机都会成为其工作和生活必不可少的一部分。本章主要介绍了计算机科学技术专业的职业种类和有关岗位，其中包括职业的分类、基本的职业能力、作为计算机科学技术专业人员应具有的道德准则及素质，分析了现有计算机专业的岗位及其特点和要求。通过本章的学习，希望读者能找到合适自己的岗位，发挥自己的特长和优势。

### 9.1 计算机科学技术专业的职业种类

计算机科学技术专业的职业可大体分为两类：专业性职业与应用性职业。

专业性较强的职业有：数据工程师、软件评测师、网络工程师、网页设计师、软件设计师、项目管理师、系统分析师、信息系统项目管理师、系统构架设计师。

从事应用的职业种类大概分为以下几大类：

- (1) 网络管理类：网络设计、网络管理、网络维护、因特网服务、因特网通信。
- (2) 广告制图类：广告设计、广告制作、平面图形制作、三维动画制作。
- (3) 办公自动化类：办公自动化、文秘、电子排版、档案管理。
- (4) 服务管理类：会计电算化、财务管理、数据管理、应用程序设计。
- (5) 组装与管理类：微机装配、微机维修、微机销售、工业辅助设计、工业自动化。

#### 9.1.1 基本的职业能力

通过对各类计算机应用的职业岗位所必备的职业基础知识和通用技能、专业特殊技能、职业道德规范进行分析，抽象出计算机应用专业学生必须具备以下几种专业通用能力：

- (1) 使用计算机的基本能力：能正确使用计算机并解决常见小故障。
- (2) 文字处理能力：可用计算机快速录入文字的能力，以及编辑、打印常见格式文本的能力。
- (3) 数据处理能力：具有正确使用计算机保存数据的能力及使用计算机管理数据的能力。
- (4) 信息处理能力：具有用现代信息工具搜集、整理、保存有用信息的能力，具有使用现代信息工具自学新知识、新技能的能力。
- (5) 程序设计能力：有正确的程序设计思想方法，具有编写简单的小型实用程序的能力。



### 9.1.2 计算机科学技术专业人员的道德准则及素质

#### 1. 基本准则

作为计算机科学技术专业人员在本专业领域的处世行事中都会遇到由于计算机的使用而带来的特殊的道德问题。这些问题大的涉及国家机密，小的也可涉及网上“信誉”。美国计算机协会（ACM）对其成员制定了一个有 24 条规范的《ACM 道德和行为规范》，其中最基本的也是所有专业人员应该遵循的几条准则是：

- （1）为社会进步和人类生活的幸福做贡献。
- （2）不应该伤害他人，尊重别人的隐私权。
- （3）做一个讲真话并值得别人信赖的人。
- （4）要公平公正地对待别人。
- （5）要尊重别人的知识产权。
- （6）使用别人的知识产权应得到别人的同意并注明。
- （7）尊重国家、公司、企业等特有的机密。

#### 2. 程序员素质

作为一个真正合格的程序员，或者说作为可以合格地完成一些代码工作的程序员，应该具有的素质有：

（1）团队精神和协作能力。它是基本素质，是程序员应该具备的最基本的也是最重要的素质和能力。

（2）文档习惯。良好的文档是正规研发流程中非常重要的环节，作为代码程序员，30%的工作时间写技术文档是很正常的，而作为高级程序员和系统分析员，这个比例还要高很多。缺乏文档，一个软件系统就缺乏生命力，在未来的查错、升级以及模块的复用时都会遇到极大的麻烦。

（3）规范化、标准化的代码编写习惯。一些外国知名软件公司，对代码的变量命名，代码内注释格式，甚至嵌套中行缩进的长度和函数间的空行数字都有明确规定。良好的编写习惯，不但有助于代码的移植和纠错，也有助于不同技术人员之间的协作。

（4）测试习惯。软件研发作为一项工程而言，一个很重要的特点就是问题发现越早，解决的代价就越低。程序员在每段代码，每个子模块完成后进行认真的测试，就可以尽量将一些潜在的问题最早地发现和解决，这样对整体系统建设的效率和可靠性就有了最大的保证。

（5）不断学习的能力。程序员是很容易被淘汰，很容易落伍的职业，因为一种技术可能仅仅在三两年内具有领先性，程序员必须不断跟进新的技术，学习新的技能。

#### 3. 高级程序员应具有的素质

作为高级程序员，以至于系统分析员，也就是对于一个程序项目的设计者而言，除了应该具备程序员的素质之外，还需要具备以下素质：

（1）需求分析能力。对于程序员而言，理解需求就可以完成合格的代码，但是对于研发项目的组织和管理者，他们不但要理解客户需求，更多时候还要自行制定一些需求。

（2）项目设计方法和流程处理能力。程序设计者必须能够掌握不少于两到三种的项目设计方法（例如自顶至下的设计方法，快速原型法等），并能够根据项目需求和资源搭配来选择合适的设计方法进行项目的整体设计。

(3) 复用设计和模块化分解能力。作为一个从事模块任务的程序员,他需要对他所面对的特定功能模块的复用性进行考虑,而作为一个系统分析人员,他要面对的问题比较复杂,需要对整体系统按照一种模块化的分析能力分解为很多可复用的功能模块和函数,并针对每一模块形成一个独立的设计需求。

(4) 团队组织管理能力。完成一个项目工程,需要团队的齐心协力,作为项目设计者或研发的主管人,就应当有能力最大化发挥团队的整体力量。技术管理有别于一般的人事管理,因为这里面涉及了一些技术性的指标和因素。首先要求技术管理人员需要能真正评估一个模块的复杂性和工作量,其次是对团队协作模式的调整,怎样能最大发挥组队的效率。

(5) 合理的知识结构。语言能力、文字表达能力、技术的全面性等是对系统分析员的基本要求。

## 9.2 计算机科学技术学科的有关岗位

一般来说,与计算机科学技术专业有关的岗位可以分成4个领域:① 计算机科学,该领域内的计算机科学技术工作者将重点放在研究计算机系统中软件与硬件之间的关系,开发可以充分利用硬件新功能的软件以提高计算机系统性能;② 计算机工程,这个领域中所从事的工作比较侧重于计算机系统的硬件,他们注重于新的计算机和计算机外部设备的研究开发及网络工程等;③ 计算机软件,软件工程师的工作是从事软件的开发和研究;④ 计算机信息系统,这个领域的工作涉及社会上各种企业的信息中心或网络中心等部门。

### 9.2.1 体现专业特色的岗位

#### 1. 系统分析员

作为一个系统分析员应该具有比较丰富的项目开发经验,能和需要开发信息系统的企业中的有关人员一起做出该企业的需求分析,并设计达到这些需求的计算机软件系统和硬件配置,最后和开发人员一起实现这个信息系统。

#### 2. Web 网站管理员

目前需求量最大的工作之一就是 Web 网站管理员。Web 网站管理员的职责主要是设计、创建、监测评估以及更新公司的网站。随着网络的扩展,越来越多的企业使用 Internet, Web 网站管理员的重要性及对他们的需求一直在不断增加。Web 网站管理员如果能在 Internet 的应用中结合一些美工特长,那会更受欢迎。

#### 3. 数据库管理员

数据库管理员在企业中有着非常重要的作用。他们负责数据库的创建、整理、连接以及维护内部数据库。除此之外,他们还要存取和监控某些外部(包括 Internet 数据库在内的)数据库。作为一个数据库管理员,可能还需要一些比较专业的数量级知识,例如数据挖掘和数据仓库的相关知识等。

#### 4. 程序员

程序员的工作是和系统分析员紧密联系在一起的,应能开发一个软件或是修改现有程序。作为一个程序员要学会使用几种程序设计语言,如 C++ 和 Java,许多系统分析员往往是从程序员做起的。



### 5. 技术文档书写员

技术文档书写员主要是书写文档用以解释如何运行一个计算机程序。一个技术文档书写员的工作是和系统分析员以及用户紧密相连的。将信息系统文档化以及写一份清楚的用户手册是技术文档书写员的职责，有些技术文档书写员本身也是程序员。

### 6. 网络管理员

一个企业中几乎所有的新鲜系统都是与网络连接的。网络管理员应能确保当前信息通信系统运行正常以及构建新的通信系统时能提出切实可行的方案并监督实施。在大多数企业中，随着 Internet 在企业通信方面作用的增强，这种职业的重要性也日趋增强。作为一个网络管理员，还要确保计算机系统的安全和个人隐私。

### 7. 软件测试工程师

负责理解产品的功能要求，然后对其进行测试，检查软件有没有错误，决定软件是否具有稳定性，并写出相应的测试规范和测试案例。

### 8. 计算机认证培训师

在信息领域，有许多计算机公司就它们的产品提供了各种认证书。有关专业技术人员只要通过了这些公司所指定的课程就可以获得这些公司授权的机构颁发的证书。获得这些证书对就业有很大帮助，于是计算机认证培训师就成了一个十分引人注目的行业。这些培训师往往对大公司的产品有深入的了解和丰富的使用经验，他们也具有教学经验，成为职业培训师可以获得比较高的薪水。现在 Microsoft 公司、Cisco 公司、Oracle 公司等都颁发认证证书。我国信息产业部也开始推行信息化工程师认证。

## 9.2.2 互联网类职位

### 1. 技术方面的职位

包括网页设计师、网络管理员、系统管理员、网页制作、WEB 开发工程师、网络系统管理员（IT）、网络管理员、网管、网管开发工程师、R&D 人员、系统分析员、系统维护、网站编辑。

### 2. 内容部分的职位

包括网站信息采编、网站内容编辑、网站内容策划、网站英文翻译、频道主持、网站编辑。该职位要求具有较强的专业文字创作能力，具有较强的英文阅读能力，兴趣爱好广泛；善于分析和理解用户的需求；能够熟练使用 MS-Office 及 Internet 相关应用软件。

### 3. 设计部分的职位

包括网站设计（LCS）、人机界面主管、网站美工。该职位要求准确把握互联网的特点，对互联网的现状与发展理解深刻，熟悉网页制作，富有创意。

### 4. 交流与推广部分

包括市场推广、在线交流高级主管、在线交流专员、在线交流顾问、信息员、网页分类分析员。这些职位要求对互联网有高度热情，对互联网交互与沟通有较深刻的理解，熟悉多个或某个领域的大众消费类产品，具有较强的专业文字创作能力，较强的交流沟通技巧与组织能力，耐心细致，有团队管理经验。

## 思考题与习题

1. 试述计算机科学技术专业的职业分类。
2. 计算机科学技术专业人员的道德准则是什么？
3. 作为程序员和高级程序员应具有什么样的素质？
4. 与计算机科学技术学科有关的岗位有哪些？



## 第 10 章 计算机常用软件介绍

### 本章学习目标

掌握 Windows 操作系统、办公自动化的常用编辑软件：Word、Excel、PowerPoint 是使用计算机的用户必须具备的基本常识，对计算机专业的人士更应该如此。本章介绍了 Windows 操作系统的基本常识及 Word、Excel、PowerPoint 三大软件的基本概念与使用方法。

通过对本章的学习，读者应能够使用 WindowsXP 对机器、磁盘进行简单的维护和处理，使用 Word 2003、Excel 2003、PowerPoint 2003 对文档、图表及演示文稿能做简单编辑、处理，解决日常的工作、学习的需求。希望读者在今后的相关课程中能继续深入学习，逐步提高。

### 10.1 Windows 的基本知识和基本操作

#### 10.1.1 Windows 的基础知识

2001 年，Microsoft 公司推出 Microsoft Windows XP 系统，具有界面更友好、安全稳定性的提高、强大的硬件兼容性、多媒体功能的扩展、网络功能和安全性的改善、轻松获取帮助与支持等功能与特点。

中文 Windows XP 系统所需的最低配置是：Pentium II 350MHz CPU，128MB 内存，至少 1GB 的硬盘安装空间，200MB 的运行空间，VGA 显示器或分辨率更高的监视器，以及键盘、鼠标、光驱、软驱、打印机等其他配件。

##### 1. Windows 中的鼠标操作

在 Windows 中，使用鼠标器（简称鼠标）是最基本的操作方式，几乎所有操作都可用鼠标来完成。在操作过程中，只要将鼠标指针指向某个按钮、图标或某条命令并单击鼠标按钮，就可以执行相应的操作或命令。

Windows 中的大部分操作都是通过使用鼠标左键来完成的，使用右键主要用于打开快捷菜单。在 Windows 中，鼠标有以下几种基本操作：

（1）指向：移动鼠标，使鼠标指针指向某一对象。指向操作往往是将要对某个对象进行鼠标单击、双击或拖动等的先行动作。

（2）单击：快速按一下鼠标左键并立即释放。单击操作一般用于选定对象。

（3）右击：将鼠标指针指向某一个对象，然后快速按一下鼠标右键，立即会弹出一个操作该对象的快捷菜单。

（4）双击：将鼠标指针指向某一个对象，接着快速地连续按两次鼠标左键并立即释放。



在 Windows 中，双击通常用于打开文件夹或启动选定的程序。

（5）三击：在不移动鼠标的情况下，快速地连续三次按下鼠标按钮再松开的动作。在 Word 中，通常通过三击操作在段落中选定整个段落，或在选定区选定整个文档。

（6）拖动：将鼠标指针指向某一个对象，按住鼠标左键不放，然后移动鼠标指针到指定位置后再释放鼠标左键。

中文 Windows XP 标准的鼠标光标形状及含义如图 10.1 所示。
















正常选择		精确定位		垂直调整		候选	
帮助选择		选定文本		水平调整		链接选择	
后台运行		手写		沿对角线调整 1		移动	
忙		不可用		沿对角线调整 2			

图 10.1  鼠标示意图

2. Windows 桌面

桌面指的是启动 Windows 后在屏幕上所看到的整个区域。在 Windows 桌面上，通常放置的是一些最常用、最基本的程序（工具）、文件和文件夹。这些程序（工具）、文件和文件夹以各种小图像的形式出现，这样的小图像被称为图标。用户可以根据需要和爱好更改桌面的外观。图 10.2 为桌面示意图。

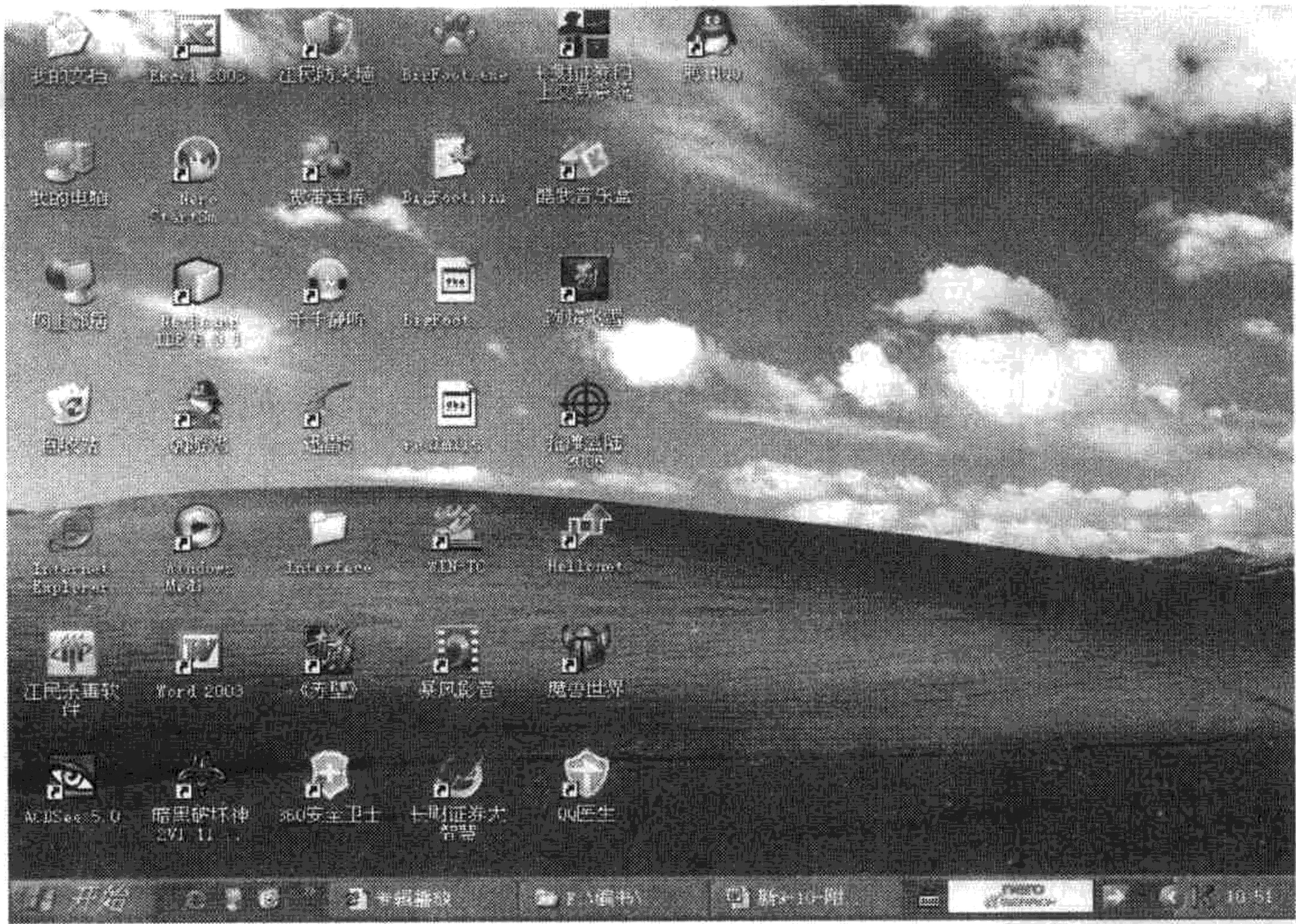


图 10.2  桌面示意图

3. 图标

图标是占用 Windows 屏幕最多的一种基本成份，是一个带有文字名称和图形的标志。这些图标分别表示应用程序、文档、文件夹、快捷方式和设备等对象。我们可以重新排列桌面上的图标，Windows 提供了 5 种排列方式：按名称排列、按类型排列、按大小排列、按日期排列、自动排列。



4. 任务栏

任务栏通常位于 Windows 桌面的底部。任务栏中包括 4 部分内容：“开始”按钮、快速启动区、活动任务区和系统任务区。其中，右端的系统任务区是“提示器”，显示目前驻留内存的程序，最初有时间、输入法和音量的图标。只要一个窗口被打开，任务栏上就会出现这项任务的“按钮”。Windows 可同时执行多个程序，在任务栏呈现“按下”状态的是用户正在操作的程序，“弹起”状态的任务则在后台等待指令。用户可以用鼠标切换程序，协调多个软件完成一项工作。任务栏示意图如图 10.3 所示。

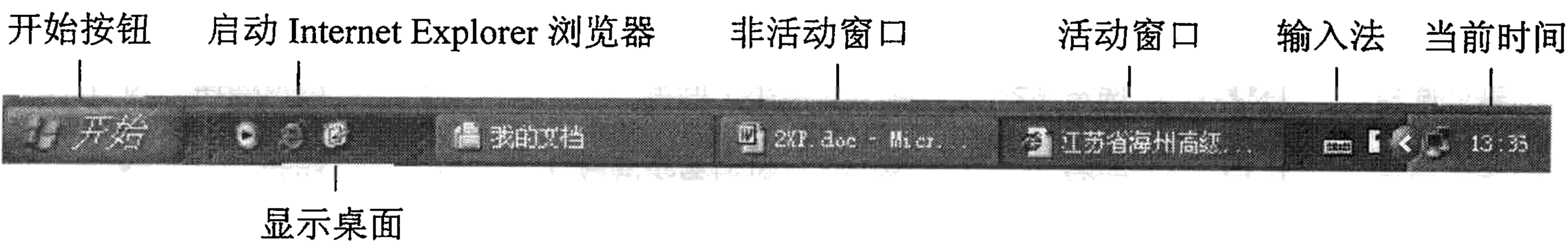


图 10.3 任务栏示意图

“开始”按钮：在任务栏的最左端就是“开始”按钮。只要用鼠标单击“开始”按钮，就可以打开“开始”菜单。它具有启动程序、注销用户、关闭系统等功能。在“开始”菜单中，如果命令名的后面标有实心三角形▶，表示该项目下有一子菜单；如果命令名的后面标有省略号“...”，则表示执行该命令时，将打开一个对话框。

5. 窗口

(1) 窗口的组成。窗口主要由控制菜单按钮、标题栏、菜单栏、工具栏、边框、状态栏、滚动条以及工作区等部分组成，如图 10.4 所示。

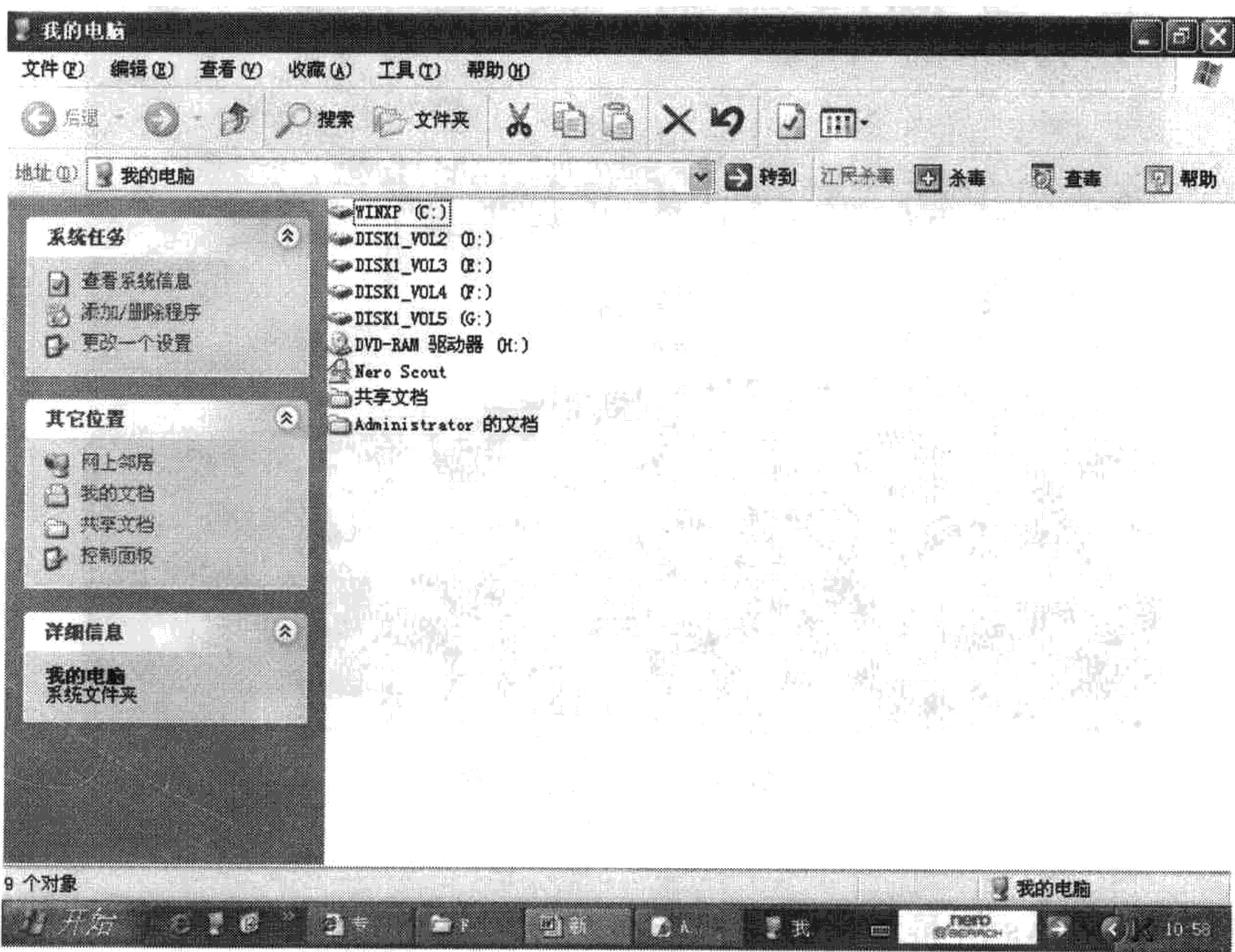


图 10.4 窗口及操作示意图

1) 标题栏：位于窗口最上面的第一行，用于显示窗口的名称，通常是应用程序名或对话框名等。标题栏借助于其颜色变化表明窗口是否处于激活状态。



2) 控制菜单图标: 位于标题栏的最左端, 即窗口的左上角。当用鼠标单击控制菜单图标或用鼠标右键单击标题栏中任何地方即可弹出一个控制菜单, 其中包含“恢复”、“移动”、“大小”、“最小化”、“最大化”和“关闭”等命令。当双击控制菜单按钮, 或单击控制菜单中的“关闭”命令时, 将关闭该窗口。

3) 菜单栏: 菜单栏是位于标题栏下面的水平条, 其中列出了“文件”、“编辑”、“帮助”等菜单项。只要单击其中的某个项目, 就会打开其相应的下拉菜单。不同应用程序菜单栏的项目多少不同。菜单栏的项目若是灰色则表示当前状态下不能使用。


4) 工具栏: 工具栏位于菜单栏下面, 其中提供了一些常用工具按钮。工具栏上的按钮都是菜单栏中一些常用命令的快捷方式, 按钮若是灰色则表示当前状态下不能使用。


5) 状态栏: 位于窗口的最下边, 用于显示一些与窗口中的操作有关的提示信息。


6) 边框: 包围窗口周围的四条边。用鼠标拖动任意一条边或角可以调整窗口的大小。


7) 滚动条: 当窗口无法显示所有的内容时, 就会在窗口的右边或下边出现垂直或水平滚动条。利用滚动条, 可以上下左右滚动显示窗口中的信息。

另外, 在窗口的右上角有3个常用按钮:

1) 最小化按钮: 单击该按钮, 将窗口缩小成图标放到任务栏上。

2) 最大化按钮: 单击该按钮, 将窗口放大到它的最大尺寸。

3) 还原按钮: 当窗口最大化后, “最大化”按钮就变成了“还原”按钮, “还原”按钮, 将窗口还原成原来的大小。

4) 关闭按钮: 单击该按钮, 关闭窗口, 同时也将该窗口对应的应用程序关闭。

(2) 窗口的基本操作。窗口的基本操作包括移动窗口、改变窗口的大小、使窗口最小化、使窗口最大化、还原窗口、关闭窗口等。

1) 移动窗口: 将鼠标指针指向标题栏, 按住鼠标左键不放并移动鼠标, 将窗口拖动到新的位置, 然后释放鼠标按钮。

2) 改变窗口的大小: 使用鼠标可以方便地改变窗口的大小。操作方法是: 将鼠标指针指向窗口的边框或窗口角上, 当鼠标指针变成双箭头形状时, 按住鼠标左键不放并移动鼠标, 这时可以看到窗口的边框随鼠标的移动而放大或缩小。当窗口改变到所需要的大小时, 松手释放鼠标。

3) 窗口最小化: 单击窗口右上角的“最小化按钮”, 窗口就会缩小到任务栏上。

4) 窗口最大化: 单击窗口右上角的“最大化按钮”, 窗口就会放大到它的最大尺寸。

5) 滚动窗口中的内容: 为了上下左右观察窗口中的内容, 可以利用鼠标来滚动窗口。最简单的操作方法是: 如果要上下滚动窗口中的内容, 将鼠标指针指向垂直滚动条并按住鼠标左键, 然后上下移动垂直滚动条; 如果要左右滚动窗口中的内容, 将鼠标指针指向水平滚动条并按住鼠标左键, 然后左右移动水平滚动条。

6) 关闭窗口: 单击窗口右上角的“关闭按钮”, 就会关闭窗口。

7) 排列窗口: Windows 允许同时打开多个窗口, 但活动窗口(或称前台窗口)只有一个。活动窗口的标题栏呈高亮度反显, 其他窗口的标题栏呈浅灰色显示。如果要使其中某个窗口成为活动窗口, 只要用鼠标单击该窗口的任一部分即可。当同时打开多个窗口时, 为了便于观察和操作, 可以对窗口进行重新排列。



6. 对话框

对话框是 Windows 为用户提供信息或要求用户回答信息而出现的一种窗口，对话框的操作与窗口类似。常见的对话框有提示信息对话框、卡片式对话框等。对话框可以由不同的功能部分和命令按钮组成。对话框中提供了若干控件，如下拉列表框、单选按钮、文本框、复选框和命令按钮等，如图 10.5 所示。

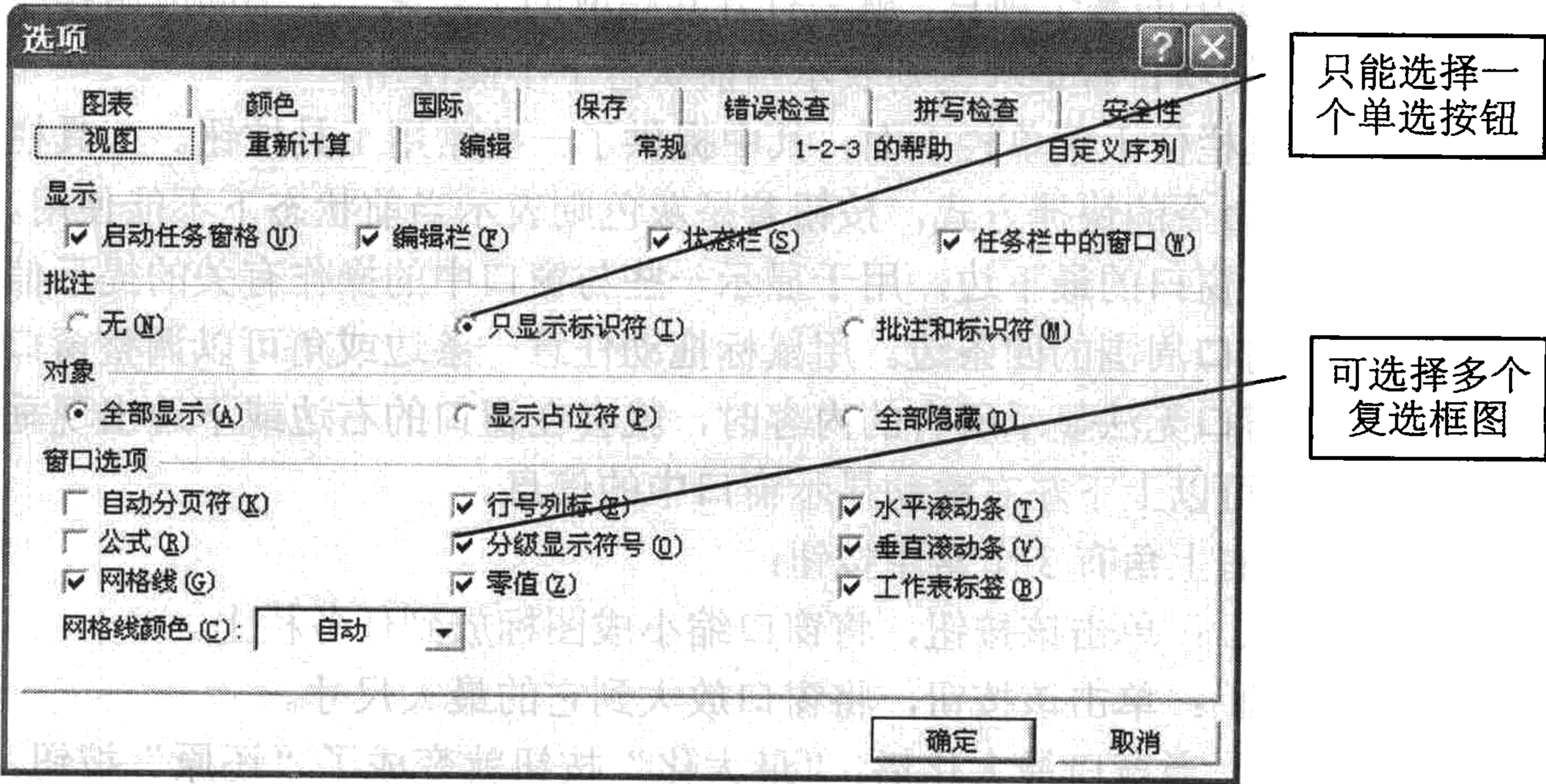


图 10.5 对话框操作示意图

- (1) 下拉列表框：下拉列表框是一个矩形框，在矩形框的右边有一个向下的箭头按钮。只要用鼠标单击这个按钮，就会下拉出一个选择列表框，然后可以从中选择一项。当选择项一次不能全部显示在列表框中时，系统提供滚动条帮助用户快速查看。
- (2) 单选按钮：在一组选项中选择的一个，且只能选择一个。如果选中了某个项目，该项目前面的小圆圈中就会有一个小黑圆点。
- (3) 复选框：在若干个项目中，可以选择其中一项或多项，也可以全选或一个都不选。如果选中了某个项目，该项目前面的小方框中就会有一个“√”符号。单击一个被选中的复选框意味着关闭该复选框。
- (4) 文本框：用来输入各种文本信息。

10.1.2 Windows 的文件管理

1. 文件和文件夹

在计算机中，操作的主要对象是文件和文件夹。

(1) 文件。文件是一组相关信息的集合，由文件名标识进行区别。

存放在磁盘中的每个文件都有一个名字，这就是所谓的文件名。中文 Windows XP 允许使用长文件名，即文件名或文件夹名最多可使用 255 个字符；这些字符可以是字母、空格、数字、汉字或一些特定符号；英文字母不区分大小写；但不能有以下列出的一些符号：

” | \ < > \* / : ?

文件的内容可以是文档、图片、声音、程序等，如图 10.6 所示。在 Windows XP 中所有文件都是由图标和文件名两部分组成的，图标是文件属性的直观体现，一般情况下同一种类型的文件具有相同的图标。

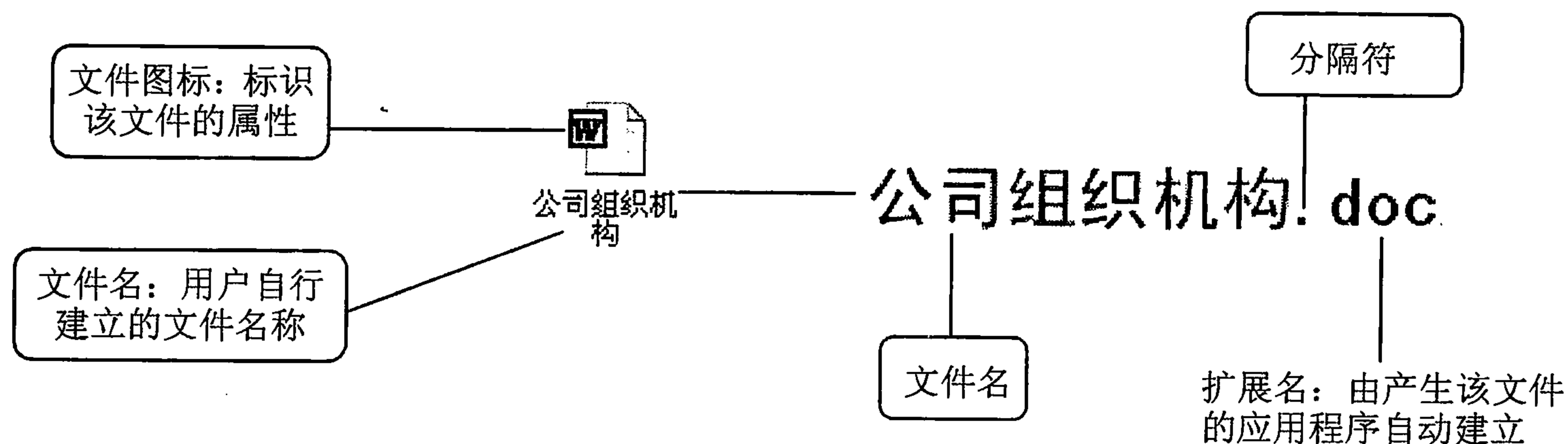


图 10.6 文件内容示意图

(2) 文件夹。磁盘是存储信息的设备，一个磁盘上通常存储了大量的文件。为了便于管理，将相关文件分类后存放在不同的目录中。这些目录在 Windows XP 中称为文件夹。文件夹相当于 DOS 中的目录。Windows XP 按树型结构以文件夹的形式来组织和管理文件。

## 2. 我的电脑

“我的电脑”图标在 Windows 桌面的左上角，它是一个文件管理工具。利用它，可以浏览磁盘和光盘上的内容，可对文件和文件夹进行各种操作，如浏览文件，创建文件夹，复制、移动、删除、重新命名文件或文件夹等，还可对磁盘进行格式化和复制以及对计算机系统环境进行重新调整等操作。

## 3. 资源管理器

Windows 系统提供的“资源管理器”可用于实现对系统软、硬资源的管理。同时，“资源管理器”也是一个功能强大的文件管理工具。在“资源管理器”中，可以非常方便地浏览软盘、硬盘和光盘等设备上的文件夹和文件，可以非常方便地进行文件夹和文件的建立、打开、复制、移动、删除、更名等操作。“资源管理器”是使用和管理计算机的主要工具。

Windows 的“资源管理器”窗口中有两个浏览窗格：左窗格和右窗格。在“资源管理器”的左窗格中，包含的是驱动器和文件夹列表。在“资源管理器”的右窗格中，显示的则是所选文件夹的内容。左窗格中的文件夹是以树型结构表示的，从中可以看到一些小方框。如果在小方框内是加号“+”，表示可以继续展开该文件夹；如果在小方框内是减号“-”，则表示该文件夹已完全展开。当要浏览某个文件夹中的文件时，只要用鼠标单击它，该文件夹中的文件就会在右窗格中显示出来。

“资源管理器”提供了多种显示文件的方式，用户可以根据需要选择使用。当需要改变文件显示方式时，单击菜单栏中的“查看”项，弹出“查看”菜单。在“查看”菜单中提供了 4 种显示方式：大图标、小图标、列表和详细资料。这组菜单项是单选项，每次只能选择其中一种显示方式。在图中，选中的是“大图标”方式，所以右窗格中的文件和文件夹是按大图标方式显示的。将鼠标指针指向两个窗格中间分割条，当鼠标指针变成双向箭头后，左右拖动鼠标可以改变两个窗格的比例。

用鼠标单击所需窗口或按 F6 键或 Tab 键，光标将在左窗格、右窗格与工具栏下拉列表框之间切换。

## 4. 文件或文件夹的选择

在操作文件或文件夹之前，首先必须选中要操作的对象，然后才能进行复制、移动和删



除等操作。

（1）选取单个对象。当要选择单个对象（单个文件或文件夹）时，直接用鼠标单击要选择的对象（文件或文件夹）即可，选中的对象（文件或文件夹）被加亮显示。

（2）选取多个连续对象。首先单击第一个要选择的对象（文件或文件夹），然后按住 Shift 键不放，再用鼠标单击最后一个要选择的对象（文件或文件夹）。

（3）选取多个不连续的对象。首先单击第一个要选择的对象（文件或文件夹），然后按住 Ctrl 键不放，接着用鼠标一个一个地单击其余要选择的对象（文件或文件夹）。

### 10.1.3 Windows 的磁盘操作

Windows 提供了丰富的磁盘操作功能，这些功能包括：查看磁盘的使用情况、对磁盘进行格式化、复制磁盘、磁盘清理、磁盘扫描、磁盘碎片整理等。

#### 1. 查看磁盘的使用情况

在“我的电脑”或“资源管理器”窗口中，可以了解磁盘的总容量、当前已用空间和可用空间等信息。

#### 2. 对磁盘进行格式化

新磁盘在使用之前必须进行格式化。在操作和应用计算机的过程中，经常需要对磁盘（主要是软盘）进行格式化。在 Windows 中，可以通过多种方法来对磁盘进行格式化。

例如：格式化软盘的操作步骤如下：

- （1）在软盘驱动器中插入要格式化的软盘。
- （2）双击“我的电脑”图标，然后选定要格式化的磁盘。
- （3）单击鼠标右键，从弹出快捷菜单中选择“格式化”项。

#### 3. 复制磁盘

- （1）选择“复制磁盘”选项后，弹出“复制磁盘”对话框。
- （2）单击“开始”按钮，开始整盘复制。
- （3）提示用户插入目标盘，准备好后单击“确定”按钮。
- （4）系统将原盘内容按对应磁道和扇区写入目标盘。
- （5）最后提示“复制完毕”，单击“关闭”按钮关闭对话框返回。

#### 4. 磁盘清理

每当计算机使用一段时间后，用户可利用 Windows 提供的磁盘清理程序对磁盘进行清理，以便删除系统中不需要的文件，从而释放出一些存储空间。

#### 5. 磁盘扫描

Windows 提供的磁盘扫描程序是一个磁盘分析和修复工具，可以用来检测、诊断和修复磁盘的错误。

#### 6. 磁盘碎片整理

文件存储在磁盘的存储单元中，这种存储单元被称为分配单元。在正常情况下，磁盘上的文件被存储在连续的分配单元中，但随着对磁盘文件的大量读写操作，其中的某些文件可能会存储在不连续的分配单元中，即出现所谓的“碎片”。文件被“碎片”化，虽然不会影响文件的内容，但由于存储单元的分散，显然会影响对磁盘读写的速度和效率。计算机在读写这种碎片文件时所用的时间比读写无碎片文件要长得多。当磁盘出现了较多碎片时，用户可利用

Windows 提供的磁盘碎片整理程序来整理磁盘空间，清除或减少由碎片造成的空隙。通过重新组织磁盘上的文件来实现对磁盘性能的优化，提高文件读写速度。

### 7. 数据的备份与还原

为保证计算机中的数据不丢失，或防止硬盘突然损坏造成不可估计的损失，用户一般都将重要的文件进行数据备份。一般说来，用计算机进行的工作越多，备份的必要性也就越大。

如果一次需要备份的文件非常多，容量也较大，建议用户先将文件压缩后再进行备份，这样不仅可节约磁盘空间，还可以加快传输速度。

Ghost (General Hardware Oriented Software Transfer) 是 Symantec 公司推出的一个硬盘备份工具，它可以实现两个硬盘间的相互复制、两个硬盘分区的相互复制和制作映像文件等。因此很多用户为保证操作系统的安全，对操作系统所在的硬盘分区进行备份，以防止因意外情况出现的分区丢失或数据丢失等。若用户已使用 Ghost 对系统所在的硬盘分区进行了备份，当操作系统受到破坏时，就可以使用备份文件恢复操作系统，这样就大大减少了重新安装系统的麻烦。

Windows XP 还自带了一个系统还原功能，使用该功能，用户就可将硬盘中的任意一个或多个分区设立还原点（如图 10.7 所示创建还原点），然后在需要的时候（若操作系统出现问题或文件丢失等）将分区还原到创建还原点时的状态（如图 10.8 所示还原系统）。

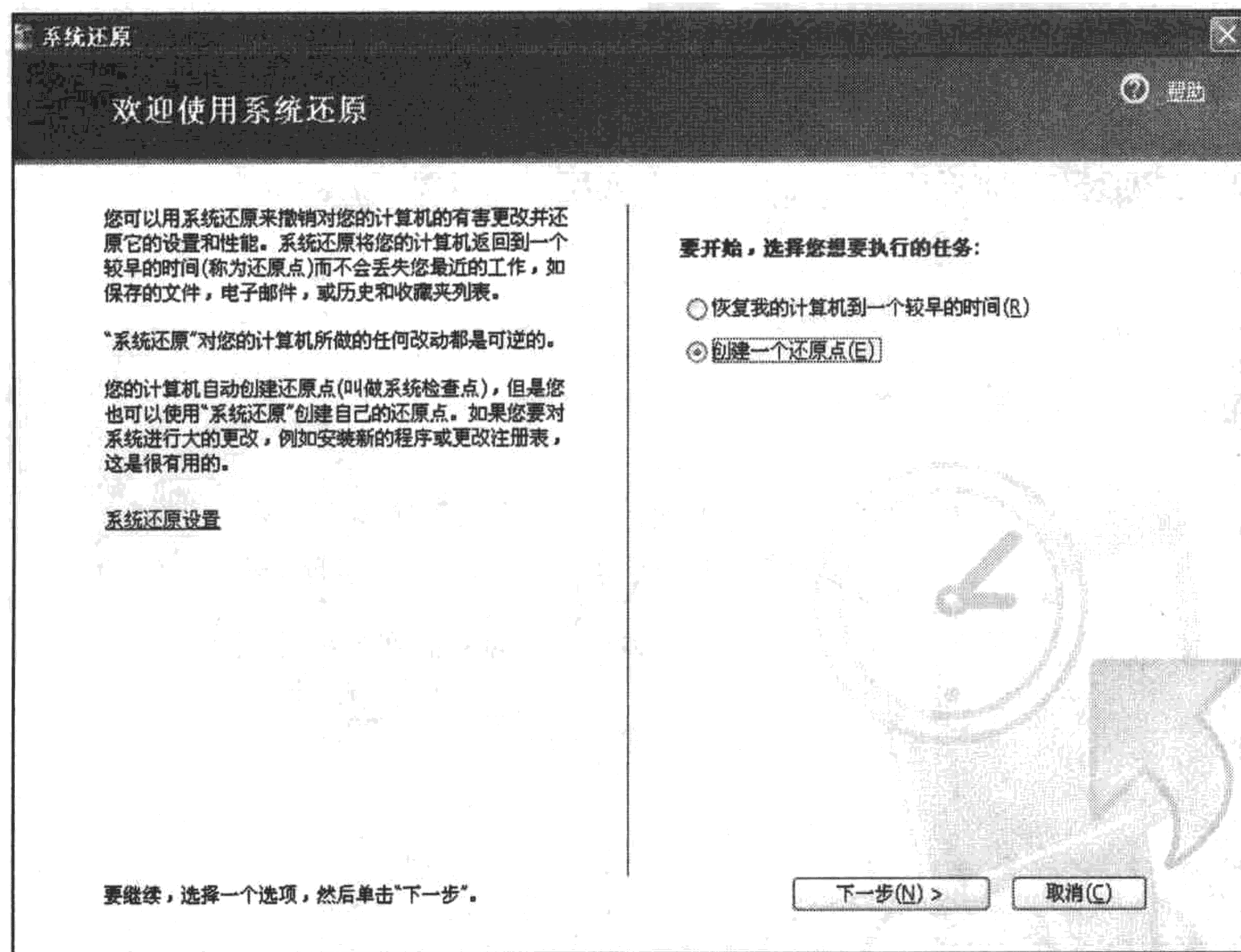


图 10.7 创建还原点图

### 8. 用户账户管理

在 Windows XP 中，用户在登录计算机时，需要提供用户名和密码（如果用户创建了密码）。它为每一个用户创建一个单独的用户账户，使得每一个用户都具有自己的配置和设置，以避免相互间的干扰。Windows XP 中指定了三种（计算机管理员账户、受限制账户和来宾账户）不同类型的用户账户，表示他们具有不同的权限和责任。



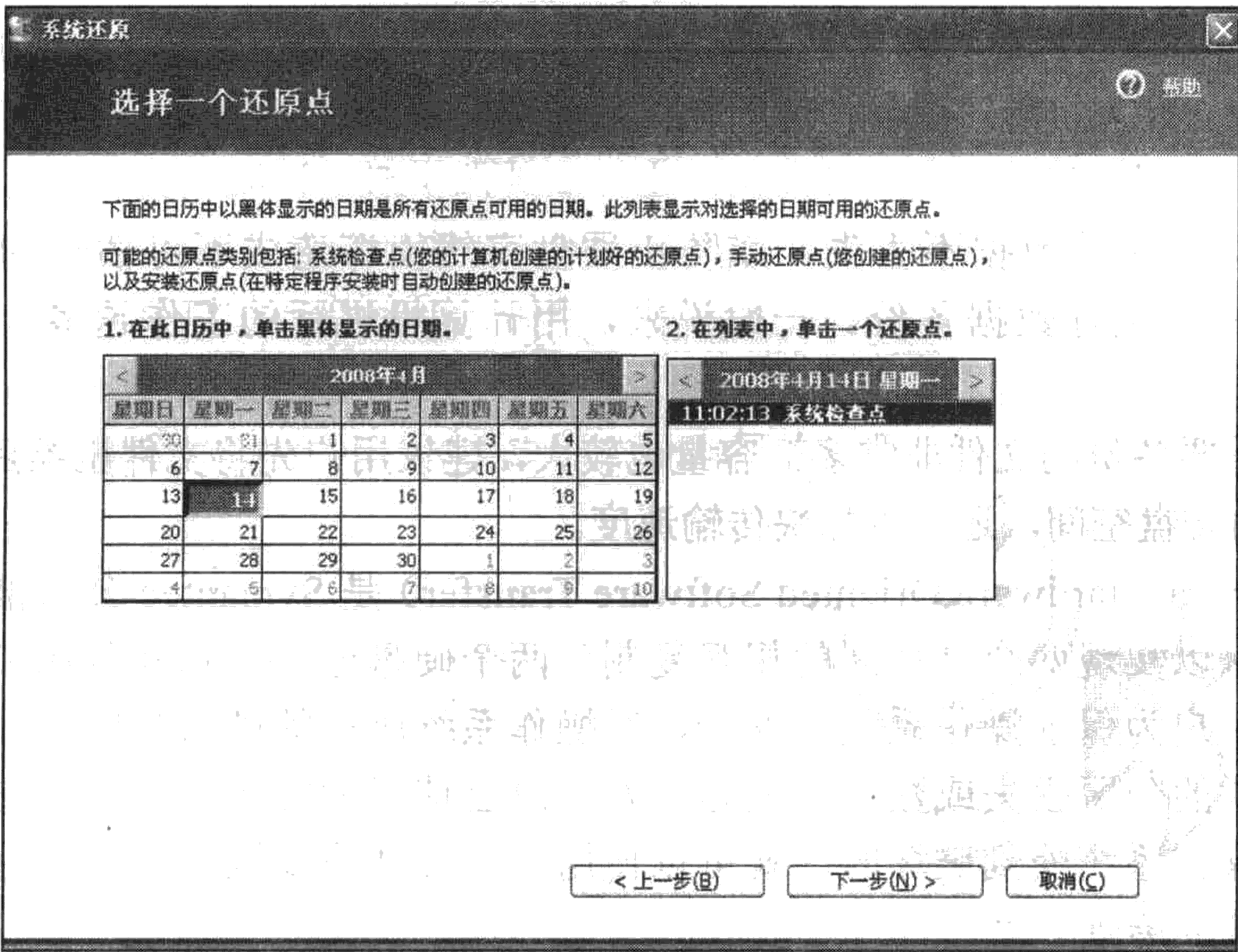


图 10.8 系统还原

10.1.4 Windows 的控制面板

利用控制面板管理计算机资源：双击控制面板图标，打开如图 10.9 所示的“控制面板”窗口。



图 10.9 “控制面板”窗口

“控制面板”主要用于设置 Windows 的系统环境。利用“控制面板”提供的各种工具，用户可以设计或更改桌面设置；可以设置各计算机的输入/输出设备，如键盘、鼠标、显示器、打印机等；可以添加或删除程序、硬件，并可进行多媒体和网络等的设置。



10.1.5 Windows 的中文输入法

在操作 Windows XP 的过程中，无论是编辑文档、使用应用软件，还是上网聊天等都离不开文字的输入。由此可见，输入文字是操作 Windows XP 和应用计算机的基础。常用的汉字输入法有智能 ABC 输入法、五笔字型输入法、全拼输入法、双拼输入法、微软拼音输入法、sogou 拼音输入法和紫光拼音输入法等。用户可以根据自己的习惯选择使用。

1. 启动汉字输入系统

当启动 Windows 后，系统当前的输入状态是英文，即只能输入英文信息。单击 Windows 桌面上右下角任务栏中的输入法按钮，在屏幕上弹出输入法选择菜单。在输入法菜单中显示了多种输入法，可以根据需要选择一种汉字输入法。

2. 输入法间的切换

用户可利用快捷键来进行中英文输入法的切换：

- (1) 中英文输入切换：Ctrl+Space（空格）。
- (2) 中文输入法切换：Ctrl+Shift。
- (3) 全角与半角切换：Shift+Space。
- (4) 中英文标点符号切换：Ctrl+。。

10.1.6 Windows 的常用快捷键

在 Windows 中，用户不仅可以通过鼠标进行操作，也可以使用键盘进行操作。Windows 提供了许多快捷键，用户利用快捷键可以大大提高操作效率。表 10.1 列出了 Windows 中常用的快捷键。

表 10.1 Windows 中常用的快捷键

按键	作用
F10	激活程序中的菜单栏
Alt+菜单上带下划线的字母	执行菜单上相应的命令
Ctrl+F4	关闭多文档界面程序中的当前窗口
Alt+F4	关闭当前窗口或退出程序
Ctrl+C	复制
Ctrl+X	剪切
Delete	删除
F1	显示所选对话框项目的帮助
Alt+空格键	显示当前窗口的系统菜单
Shift+F10	显示所选项目的快捷菜单
Ctrl+Esc	显示“开始”菜单
Alt+连字号(-)	显示多文档界面程序的系统菜单
Ctrl+V	粘贴
Alt+Tab	切换到上次使用的窗口
按住 Alt，然后重复按 Tab	切换到另一个窗口
Ctrl+Z	撤消



### 10.1.7 Windows 的系统维护

在使用计算机的过程中，应注意计算机的日常维护（主要包括硬件、维护系统和软件维护两个方面），以避免引起故障而导致计算机寿命缩短或损坏计算机，为工作和学习带来不必要的困扰。

#### 1. 计算机硬件使用注意事项

- (1) 正确地开关计算机。
- (2) 避免频繁开关机。
- (3) 计算机要远离磁场。
- (4) 显示器亮度不要太强。
- (5) 不要用力敲击键盘和鼠标。
- (6) 软驱或光驱指示灯未灭时不要从驱动器中取盘。
- (7) 不要带电插拔板卡和插头。
- (8) 光盘盘片不宜长时间放置在光驱中。
- (9) 不宜用水擦拭计算机表面。

#### 2. 系统和软件使用注意事项以管理好计算机中的文件

- (1) 合理安装软件。
- (2) 定期清理计算机的磁盘空间。
- (3) 使用压缩软件减少磁盘占用量。
- (4) 不要轻易修改计算机配置信息。
- (5) 不要使用来历不明的文件。
- (6) 将计算机中的重要数据进行备份。

#### 3. 磁盘维护操作

系统在运行的过程中，需要不停地对硬盘进行读写操作，因此，经常对硬盘进行维护、整理，可以保证计算机系统的正常运行。

##### (1) 磁盘清理。

磁盘清理是用来清理磁盘中的垃圾文件和临时文件的。垃圾文件和临时文件都是一些无用文件，但它们会占用很多系统资源，甚至影响计算机的存取速度，严重时还会产生死机现象。

##### (2) 磁盘扫描。

当计算机经常死机、保存的文件不能正常打开、Windows XP 启动缓慢或系统频频出错时，用户就可使用磁盘扫描程序检查磁盘是否出现故障，当检测到磁盘错误时，还可以进行自动修复。

##### (3) 磁盘碎片整理。

硬盘在使用一段时间后，由于反复写入和删除文件，磁盘中的空闲扇区会分散到整个硬盘中不连续的物理位置上，从而使文件不能存在连续的扇区类。这样，再读写文件时就需要到不同的地方去读取，增加了磁头的来回移动，降低了磁盘的访问速度。磁盘碎片整理程序可以对使用文件分配表（FAT）文件系统、FAT32 文件系统和 NTFS 文件系统格式化的卷进行碎片整理。

## 10.2  文字处理系统 Word 2003

### 10.2.1  Word 系统概述

字处理软件系统主要完成文字输入和文字处理，包括对文字进行输入、显示、编辑、排版、打印等。Word 中文版是美国微软公司推出的 Office 办公自动化套装软件之一，微软相继推出了 Word 5.0、Word 6.0、Word 7.0、Word 97、Word 2000 以及 Word 2003 等版本。Word 是一个集输入、编辑、制表、绘图、图文混排、排版、模拟显示及打印功能为一体的汉字处理软件，其功能齐全，操作简便，具有丰富的全屏幕编辑功能，提供了各种编辑工具、功能菜单和在线帮助信息，并提供了各种控制输出格式及打印功能，使打印出来的文稿能满足实际工作的需要。

### 10.2.2  Word 的基础知识

#### 1. 启动 Word

启动 Word 常用两种方法（注：至少安装一种以上的汉字输入法）：

- （1）在 Windows 桌面上，使用鼠标左键双击 Microsoft Word 的快捷图标。
- （2）通过“开始”菜单中的“程序”子菜单，单击 Microsoft Word 项。

启动 Word 后，屏幕会出现如图 10.10 所示的 Word 2003 的工作窗口。

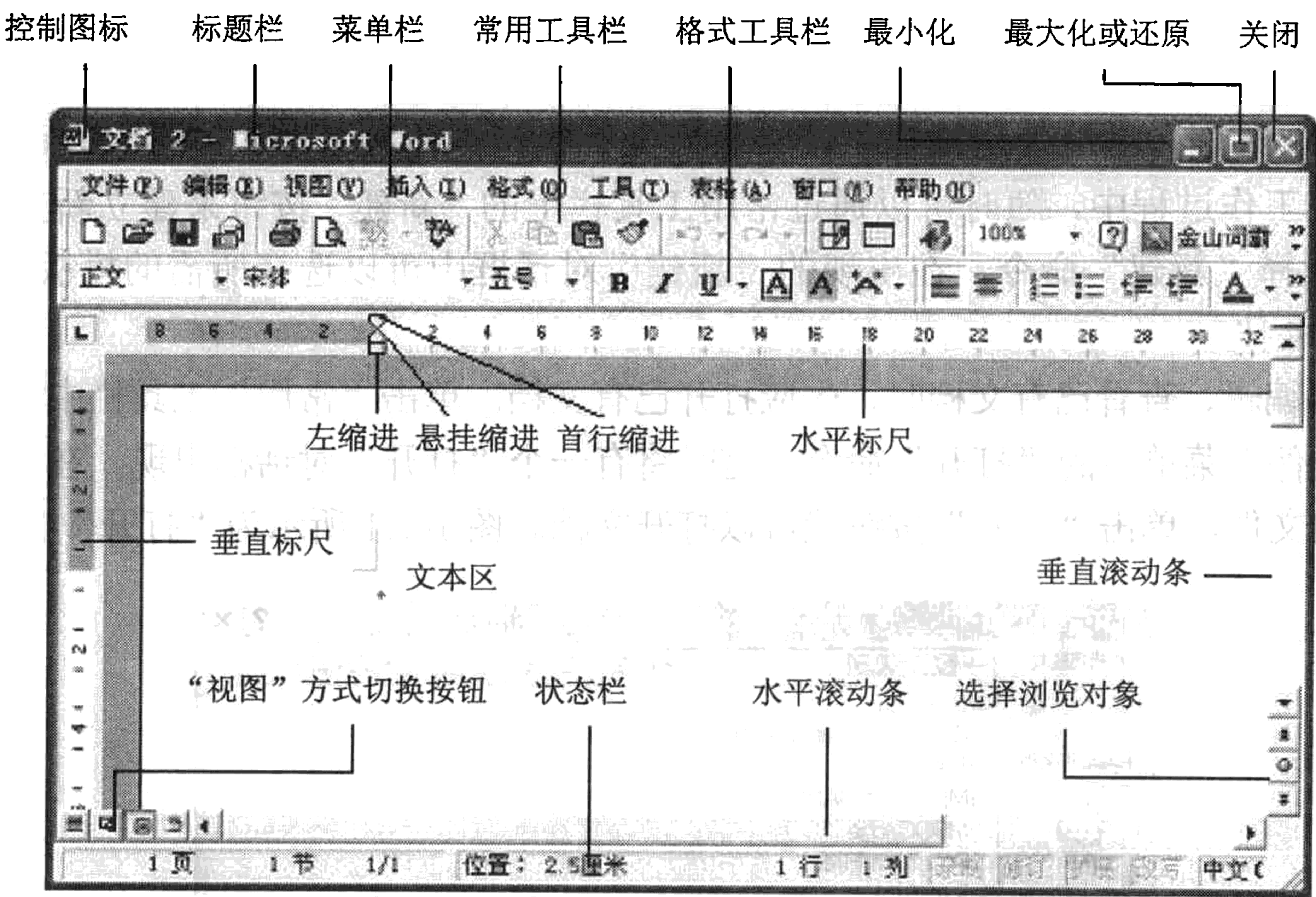


图 10.10  Word 2003 的工作窗口

#### 2. Word 2003 的窗口组成

Word 2003 的窗口主要包括标题栏、菜单栏、各种工具栏、标尺、文本编辑区、滚动条和状态栏等。

- （1）标题栏、菜单栏、工具栏。标题栏包含了控制窗口的 3 个按钮（最小化按钮、还原



按钮、关闭按钮)、程序名称 Microsoft Word、正在编辑的文档名称等。

(2) 标尺。利用水平标尺与鼠标可以改变段落的缩进、调整页边距、改变栏宽、设置制表位等。

(3) 编辑区。编辑区中有一个闪烁的竖线光标，表示当前插入点。每个段落结束有一个段落标志。在“视图”菜单中执行“显示/隐藏段落标记”命令，可显示/隐藏段落标记。

(4) 滚动条。用户可移动滚动条的滑块或单击滚动条两端滚动箭头按钮，移动文档到不同的位置。

(5) 状态栏。包含当前文档的页数/总页数和栏号，光标所在行数和列数，以及当前文档的插入/改写状态。当系统处于排版方式下的编辑状态时，窗口底部的状态栏用于显示当前插入点的位置和命令提示。

(6) “视图”方式按钮。用来改变文档的视图方式。Word 2003 提供了 4 种视图方式，分别为普通视图、Web 版式视图、页面视图和大纲视图。

(7) Office 助手。“Office 助手”是一个独立于 Word 窗口的小窗口，用于提供在线帮助信息。

3. 退出 Word

当编辑工作结束后，应采用正确的操作方法来退出 Word，以便系统处理好临时文件，节省宝贵的磁盘空间。具体方法是：单击窗口标题栏中的“关闭”按钮，或使用菜单栏中“文件”菜单的“退出”命令。

10.2.3 文档基本操作

1. 创建文档

刚启动 Word 时，系统为用户提供了一个新文档窗口，且命名为“文档 1”，可在此窗口中输入正文。在工作过程中，随时可以通过常用工具栏上的“新建”按钮来建立新文档。如果从文件菜单中选择“新建”命令，在出现的“新建”对话框中可以选择所需的模板。

2. 打开文档

用户想要编辑、查看已有文档时，先应打开已有文档。单击“常用”工具栏中的“打开”按钮或选择“文件”菜单中的“打开”命令，这时将有一个“打开”对话框出现，在该对话框中指定需要打开的文件，单击“打开”按钮就可以打开文档。图 10.11 所示为“打开”文档对话框。

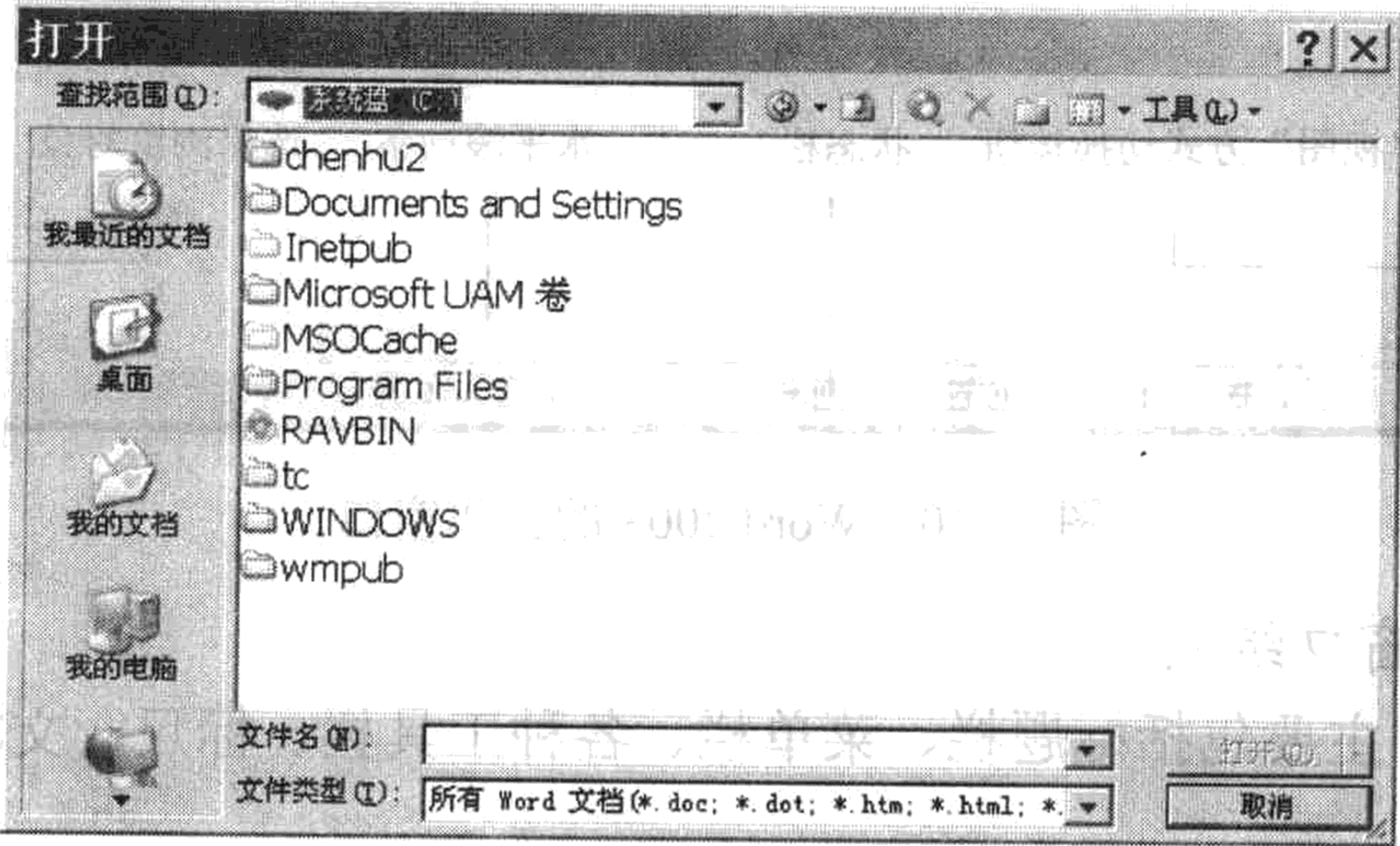


图 10.11 “打开”文档对话框

### 3. 保存文档

在文档窗口中输入的文档是驻留在计算机内存中的，Word 不会自动将其存储到磁盘上，当退出 Word 或发生意外时，文档会全部丢失。应使用“保存”操作对编辑的文本进行存盘操作。Word 可以保存新建的未命名文档，保存已存在的文档或按新的路径、文件名保存文档。方法是使用常用工具栏上的“保存”按钮或者使用菜单栏中的“文件”菜单的“保存”命令。

### 4. 关闭文档

文档编辑结束时，为确保文档的安全，应该将其关闭。操作时使用“文件”菜单中的“关闭”命令。

### 5. 文档打印

当编辑、排版好一篇文章后，就可以将它打印出来。为了在打印之前真实地看到打印效果，可以单击“常用”工具栏中的“打印预览”按钮或选择“文件”菜单中的“打印预览”命令进行打印预览，经打印预览查看满意后再用打印命令将文档完整地打印出来。

## 10.2.4 文档的编辑

文档的基本编辑操作是确定插入点位置，输入文字，文字的移动、复制、剪切与粘贴、文字的查找与替换操作等。

### 1. 确定插入点位置

Word 编辑窗口中有一个闪烁的光标竖线“I”，即为插入点（当前输入位置）。可以使用鼠标单击或快捷键滚动文档，确定选择页或插入点的位置。


（1）用鼠标移动插入点：在当前编辑窗口内，将鼠标指针定位到所需要的位置处，单击鼠标即可确定插入点位置。

（2）用键盘移动插入点：操作键及功能请读者自行查看相关书籍。

（3）使用定位命令。使用“编辑”菜单的“定位”命令，选定文档插入点位置。

### 2. 输入操作

输入操作包括中文、英文、数字、符号、日期和时间等。

（1）中英文的输入。为了输入中文，用户可以使用中文 Windows 提供的汉字输入法。单击任务栏右端的  图标，选择汉字输入法。键盘录入汉字时，英文字符一定处于小写状态。录入英文，可选择英文输入状态。

Word 具有自动换行功能，当输入的文字充满一行时，不按回车键也将自动换行，回车键是一个段落的结束标记。

（2）插入数字和符号。打开“插入”下拉菜单，选择“数字”选项，弹出“数字”对话框，如图 10.12 所示。选择“符号”选项，弹出如图 10.13 所示的“符号”对话框。

### 3. 选择文本

在文档编辑中，经常需要对某一部分内容进行复制、移动、删除，设置字型、字体等操作。这都需要首先进行选定文本的操作。被选定的文本通常以反相形式显示。若要撤消选定操作，可单击文档中的其他位置，或单击常用工具栏上的“撤消”按钮。

（1）使用鼠标方式选定文本操作。

1) 将鼠标定位于一行的左侧选择区内（鼠标变成一个指向右边的箭头），单击鼠标，选择一行；双击鼠标，选择一个段落；三击鼠标，选择全文；向上或向下拖动鼠标，选择多行。



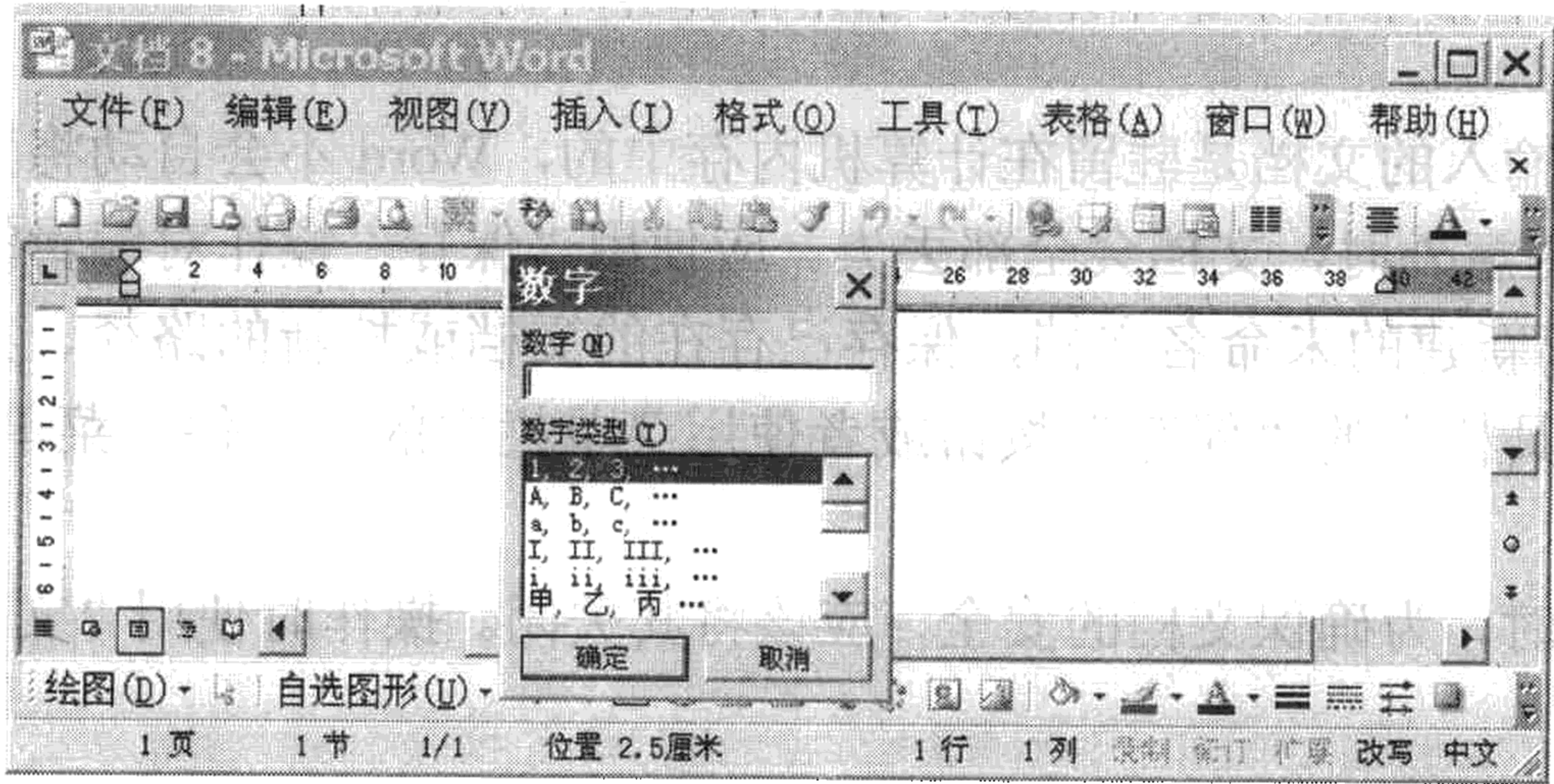


图 10.12 “数字”对话框



图 10.13 “符号”对话框

- 2) 按住 Ctrl 键，在一个句子的任一地方单击鼠标，选择一个句子。
- 3) 按住 Alt 键，沿对角线拖动鼠标，则选择一个矩形块。
- (2) 使用键盘方式选定文本操作。请自行查看资料。

4. 复制

复制是文本编辑常用的操作，可在一个文档内、多个文档之间或者不同的应用程序间复制文本。具体方法可使用剪贴板方式或者鼠标拖动方式。

(1) 使用剪贴板方式复制文本。先将要复制的字块“复制”到剪贴板上，然后再将此内容“粘贴”到新的地方。

(2) 使用拖动鼠标方式复制文本。先选定要复制的字块，然后将鼠标指向选定的字块，按住 Ctrl 键并将其拖至指定位置。

5. 剪切

剪切是将选定的文本移动到剪贴板中，剪切与复制的区别在于剪切使原选定文本消失，即原文本被删除。剪贴板中的内容还可以根据需要进行粘贴操作，实现复制或移动功能。

6. 移动

使用鼠标的移动操作：先选定要移动的字块，然后用鼠标拖动该字块到新位置。

使用“剪切”+“粘贴”：先将要移动的字块“剪切”到剪贴板上，然后再将此内容“粘



贴”到新的地方。

7. 删除

- (1) 按 Backspace 键：删除插入点左边的单个字符。
- (2) 按 Del 键：删除插入点右边的单个字符。
- (3) 按 Ctrl+Del 键：删除插入点右边的一句话或一个英文单词。
- (4) 按 Ctrl+Backspace 键：删除插入点左边的一句话或一个英文单词。

选定的文本块也可以通过“编辑”菜单中的“清除”命令删除，或使用“剪切”操作删除。注意：Word 可恢复被误删除的文本，如单击常用工具栏的“撤消”按钮。

8. 多窗口和多文档操作

Word 有两种窗口：Word 应用程序窗口和打开的文档窗口。为了便于观察和操作，可以同时打开若干个文档窗口，对多个文档进行操作。也可以通过多个窗口，对一个文档的不同部分进行操作。使用“窗口”菜单的“新建窗口”命令，可以为当前窗口文档再建一个窗口；使用“窗口”菜单的“拆分”命令，可以将当前文档窗口分成上下两个子窗口，每个子窗口可处理该文档的不同部分；使用“窗口”菜单的“取消拆分”命令，可以将两个子窗口恢复成一个窗口。

9. 关闭文档窗口

完成文档编辑操作后，可以关闭文档窗口。具体方法是：单击文档窗口右上角的“关闭”按钮或使用菜单栏中“文件”菜单的“退出”命令。如果有某些修改过的文档未保存，系统将提示进行保存操作。

10. 查找与替换

在文本编辑过程中，查找和替换可以搜索和替换文字、指定格式，并可对诸如段落标记、域或图形之类的特定项进行操作，查找和替换窗口如图 10.14 所示。

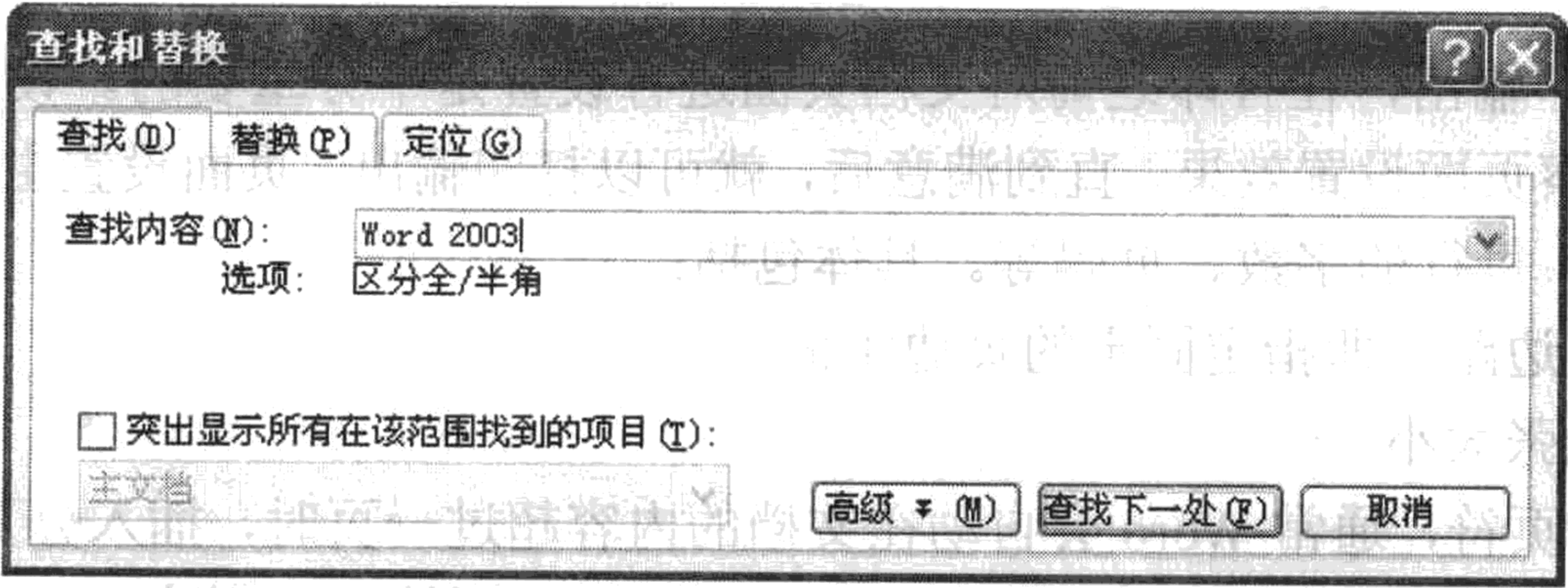


图 10.14 查找和替换

查找与替换的过程如下：

- (1) 按 Ctrl+F 键或打开“编辑”下拉菜单，选择“查找”选项。
- (2) 在“查找内容”文本下拉框中键入需要查找的字符串。
- (3) 单击“查找下一处”按钮，开始在文档中查找。Word 反白显示找到的文本，若继续查找，可再次单击“查找下一处”按钮。

如果选择“替换”选项卡，则进入“替换”操作。在“替换为”文本下拉列表框中键入或选取新字符串。如果没有键入任何字符串，表示要删除被查找的字符串。找到后，若单击“替换”按钮，该字符串便被改写；若单击“查找下一处”按钮，找到的字符串则不改变，继续查找。这样可以实现有选择的替换。



如果单击“全部替换”按钮，则依次连续查找，并将找到的字符串全部改写为新的字符串。由于中间不再停顿，所以用户没有“逐个判别”的机会。

### 10.2.5 文档排版

文档排版需要对文档进行格式化。格式化包括设置文字格式、段落格式和页面格式。通常用户不满足于 Word 的默认格式，需要进行重新设置，例如设置文字的字体、字号与颜色及段落的文本对齐方式等。

#### 1. 字体格式化

在对文字格式化之前，必须首先选定要改变格式的文字。格式工具栏提供了一些常用的格式设置工具，通过它可以快速设置字体、字号、字型（包括常规、加粗、倾斜、加粗并倾斜等）、加下划线、添加边框、添加底纹，并能进行字符缩放，改变字符颜色。还可以使用“格式”菜单中的“字体”命令，设置更具特殊效果的文字格式、字符间距和动态效果。

#### 2. 段落格式化

Word 还可以对“段落”设置格式。Word 中段是指以回车键结束的一段图形或文字。设置段落格式包括文本对齐、缩进大小、行距、段落间距等。

（1）段落缩进包括“首行缩进”、“左缩进”和“右缩进”。

（2）文本水平对齐方式包括两端对齐、左对齐、居中、右对齐、分散对齐。

（3）设置间距包括设置段间距和行间距。段间距指两个段落之间的距离，行间距指段落内行与行之间的距离。

在对段落设置格式之前，必须首先选定相应的段落。利用格式工具栏和标尺可以快速地设置段落格式，也可以使用菜单栏“格式”菜单中的“段落”命令。

#### 3. 页面设置

文档需要打印输出，在打印之前对文档页面进行设置是十分重要的。设置页面后，可以通过打印预览观察页面设置效果，直到满意后，就可以打印输出。页面设置主要是设置纸张大小、每页的行数、每行的字数、页码等。具体包括：

（1）设置页边距，即指定固定的页边距值。

（2）设置纸张大小。

（3）插入分页符，通常 Word 会自动在文档的内容超过一页时，插入分页符以生成新页。也可以人为插入分页符，以指定分页位置；人工插入的分页符可以删除。

（4）创建分栏，以便使文档具有类似报纸、期刊的效果。

（5）设置页码。

（6）创建页眉和页脚，包含文字和图形，如页码、日期、文档的标题等。

#### 4. 打印预览

文档编辑中设置版面格式后，可以通过打印预览在显示器上看到实际打印的效果，以便进行修改、重新设置，然后再预览，直到满意为止。最后才通过打印机打印结果。打印预览的操作方法是，利用常用工具栏上的“打印预览”按钮或菜单栏“文件”菜单中的“打印预览”命令。

### 10.2.6 图片、绘图与艺术字

图文混排功能是 Word 的重要特色之一。在 Word 文档中用户可以方便地“插入”或使用

“绘图”工具绘制各种图形。同时还可利用 Office 自带的“剪辑库”图片集中的大量图片。

1. 插入图片

(1) 插入“剪辑库”中的剪贴画或图片。利用“插入”菜单中的“图片”子菜单，单击“剪贴画”命令。

(2) 利用“插入”菜单中的“图片”子菜单，单击“来自文件”命令。

2. 编辑图片

对于插入的图片或绘制的图形，可以调整图形对象的位置、改变图形对象的大小、裁剪或整理部分图片或插入文字等。

3. 图文混排

在 Word 中可以使用“文字环绕”方式，把图形对象移到文档中的任何位置，使图形及文字合二为一，进行编排，达到图文混排的目的，从而使版面既紧凑又美观。

4. 绘制图形

Word 的绘图功能比较强，用户可以用“绘图”工具栏上的选项来绘制各种图形，也可以绘制不规则图形，为图形增加特殊效果等。

5. 制作艺术字

在 Word 中，用户制作文档封面、标题或在图片中需要使用艺术字。“艺术字”是图形对象，不能作为文本对待。具体创建方法是利用“插入”菜单中的“图片”子菜单，单击“艺术字”命令。

10.2.7 表格处理

Word 创建的表格由“单元格”组成，单元格中可随意填充文字、数字和图形。用户可以快速创建、编辑表格，并对表格中的数据进行计算、排序。

1. 新建表格

如果要创建规则的表格，可以按以下步骤进行：

(1) 将插入点置于要插入表格的位置。

(2) 单击“工具栏”中的“插入表格”按钮，出现网格。如图 10.15 所示为插入表格窗口。

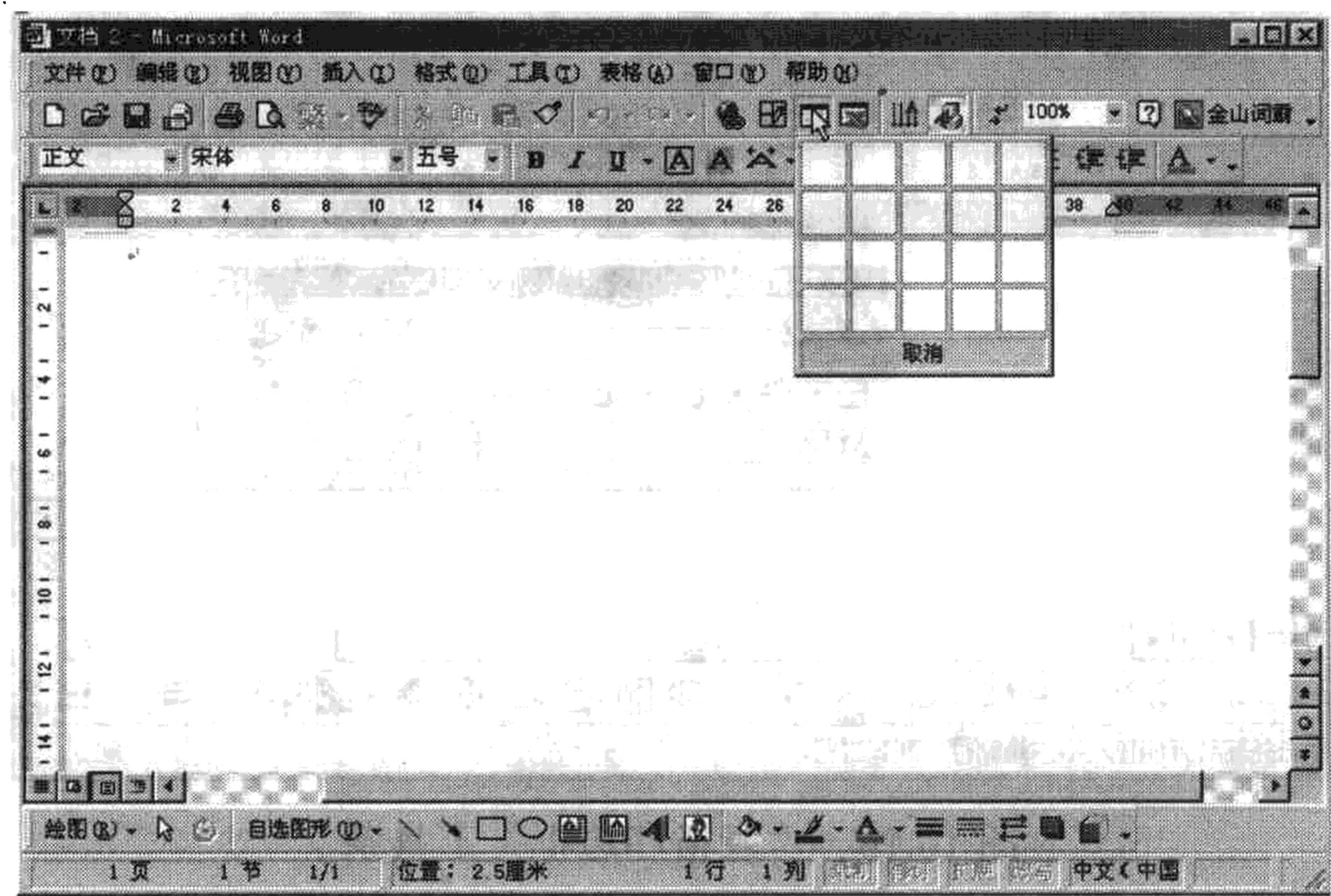


图 10.15 插入表格窗口



（3）沿着网格向右拖动鼠标指针，定义表格的列数，沿着网格向下拖动鼠标指针，定义表格行数。

（4）松开鼠标左键，Word 会在当前的插入点位置插入一个 X 行 Y 列的表格。

如果要创建非规则的表格，通常先创建规则的表格，再通过“表格和边框”工具条中的“画笔”和“橡皮”实现画线和抹线。

2. 表格中的文本编辑

（1）单元格的选定。表格中内容的编辑是以单元格为单位的，首要的操作是选定单元格。

1) 用鼠标选定单元格。

选定一个单元格：单击某单元格，该单元格即被选定。

选定多个单元格：先选定一个单元格，然后拖动鼠标；或按下 Shift 键，单击不同单元格都可连续选定。

选定一行单元格：单击该行左端单元格外面的选择区。

选定一列单元格：将鼠标置于该列上边线，当指针变成黑色向下的箭头时单击即可。

2) 用菜单栏中的“表格”菜单选定。

（2）单元格内容的录入、修改和删除。

单元格的编辑：首先选定需要操作的单元格，然后像编辑普通文档那样进行录入、修改和删除等操作。

整行内容的删除：选定删除内容所在行，然后按 Del 键，表格中会出现一个空行。

整列内容的删除：选定删除内容所在列，然后按 Del 键，表格中会出现一个空列。

3. 表格的调整

创建的表格是用虚线画的，打印时不会出现线框。如果想在表格上加入线框或底纹，对选中的表格可以单击格式工具栏中的“表格和边框”按钮，这时出现“表格和边框”工具条，在操作中可能会对表格做某些增、删、改。例如增加一行、在表格中间插入一行，删除一行、表格中的行、列高度或宽度的调整等，可以通过“表格”菜单中的选项调整，如图 10.16 所示为“表格和边框”工具条。

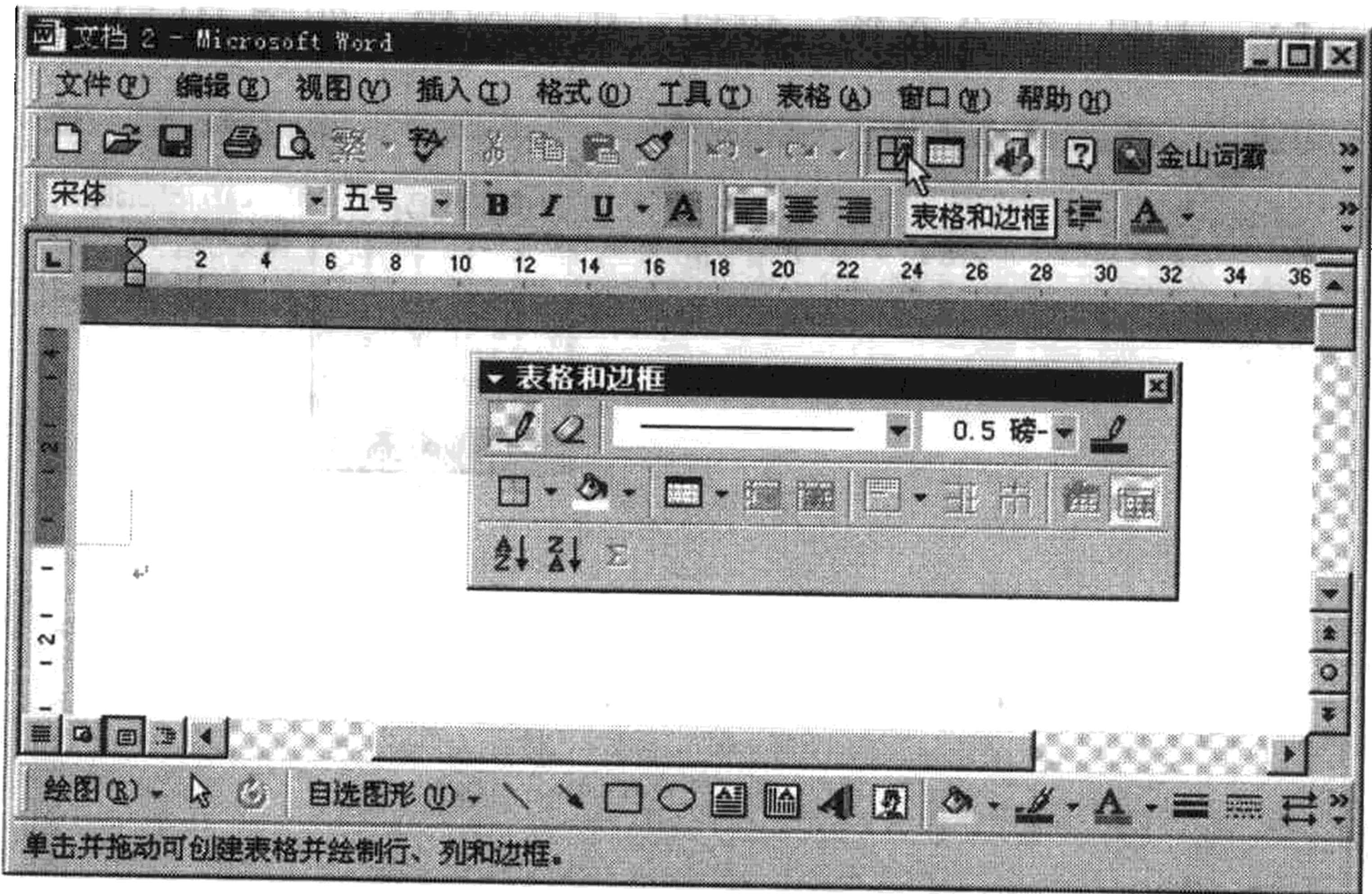


图 10.16 “表格和边框”工具条

另外，在表格中移动插入点，除了用鼠标外，还可以按 Tab 键或 Shift+Tab 键。



#### 4. 数据的排序和计算

(1) 排序。对表格中的某一列或多列进行排序以改变数据的排列顺序，可以选择升序或降序方式。Word 使用的排序规则是：可将文字按字母、数字升序（A 到 Z 或 0 到 9）或降序（Z 到 A 或 9 到 0）排序。具体方法可以使用“表格”菜单中的“排序”命令。

(2) 计算行或列数值的总和。求和数据通常存放在一行或一列的最后一个单元格中。具体方法可以利用“表格和边框”工具栏的“自动求和”按钮或使用“表格”菜单中的“公式”命令。

(3) 按表格中输入的公式进行计算。可以在公式的括号中使用单元格引用，以便引用指定单元格的内容。例如，单元格 A10 和 A11 的数值相加时，会显示公式=A10+A11。

(4) 由表生成图。首先，选定表格中要生成图的全部或部分数据；然后，在“插入”菜单中选择“图片”命令，从联级菜单中选择“图表”命令，进入 Microsoft Graph 2003 工作环境，并显示一个缺省图表和数据表；最后，当对图表满意后按任意键，Word 就把生成的图表插入到文档中。

(5) 公式编辑器的使用。首先，将插入点置于希望放置公式的位置；然后，单击“插入”菜单选择“对象”命令，显示“对象”对话框；最后，在对话框中选择“Microsoft 公式 3.0”选项，单击“确定”按钮。进入 Microsoft 公式状态，显示“公式”工具栏和菜单，如图 10.17 公式编辑器的屏幕显示。

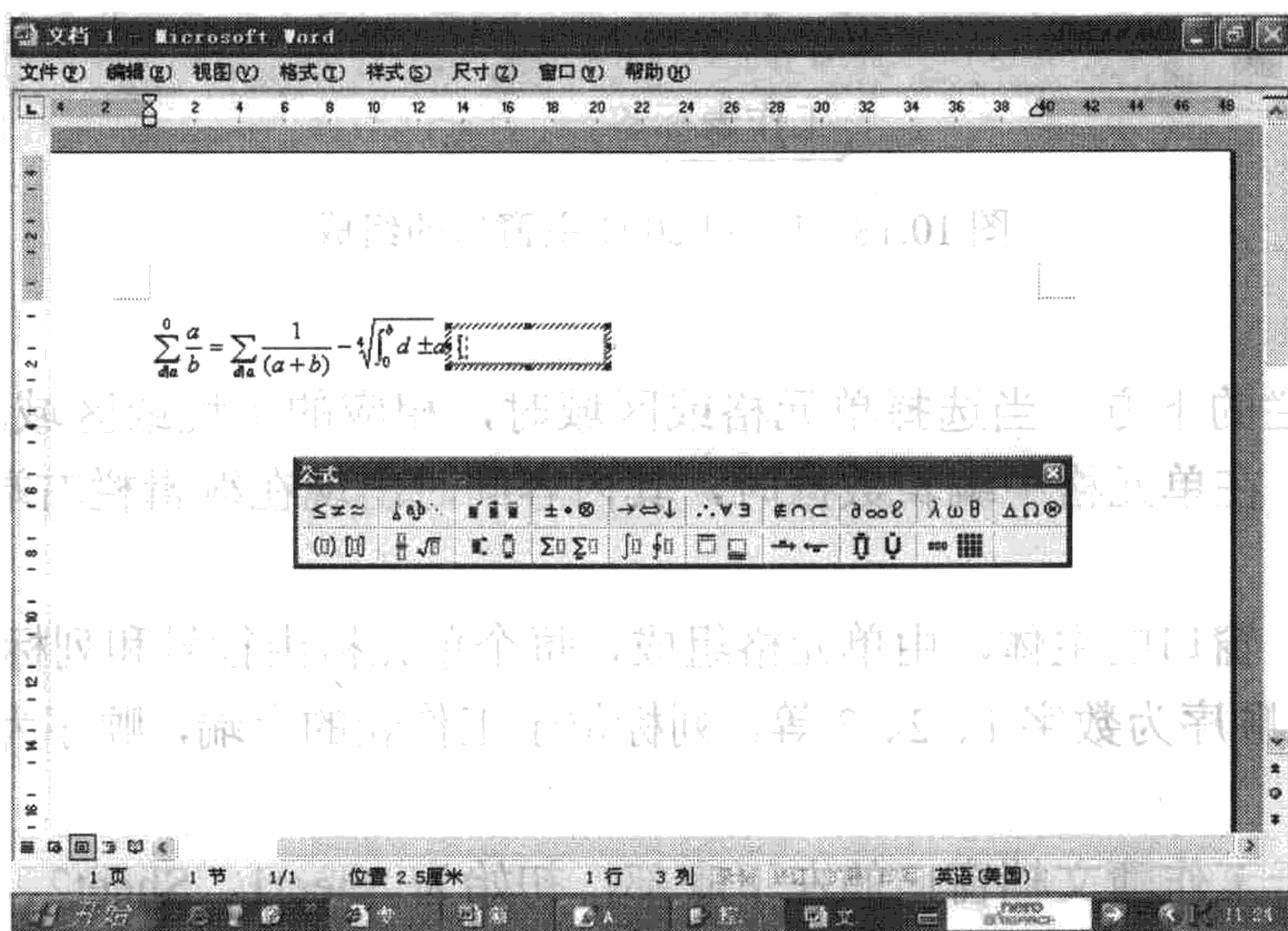


图 10.17 公式编辑器的屏幕显示

### 10.3 电子表格 Excel 2003

Microsoft Excel 实际上是一种专门用于现代理财和数据分析等的电子表格软件，该软件把文字、数据、图形、图表和多媒体对象集合于一体，并以电子表格方式进行各种统计计算、分析和管理等操作，从而使自己并不需要学习高级的财务知识，就可以很顺利地完成了诸如会计等方面的工作。Excel 2003 具有简单、方便的表格制作功能，强大的图形、图表处理功能，方便、快捷的数据处理与数据分析功能，丰富的宏命令和函数等。本小节介绍 Excel 2003 最常用的功能。



10.3.1 Excel 窗口的组成

单击任务栏中的“开始”按钮，选择“程序”菜单中的 Microsoft Excel 程序项，可以启动 Excel，Excel 2003 主窗口的组成如图 10.18 所示。

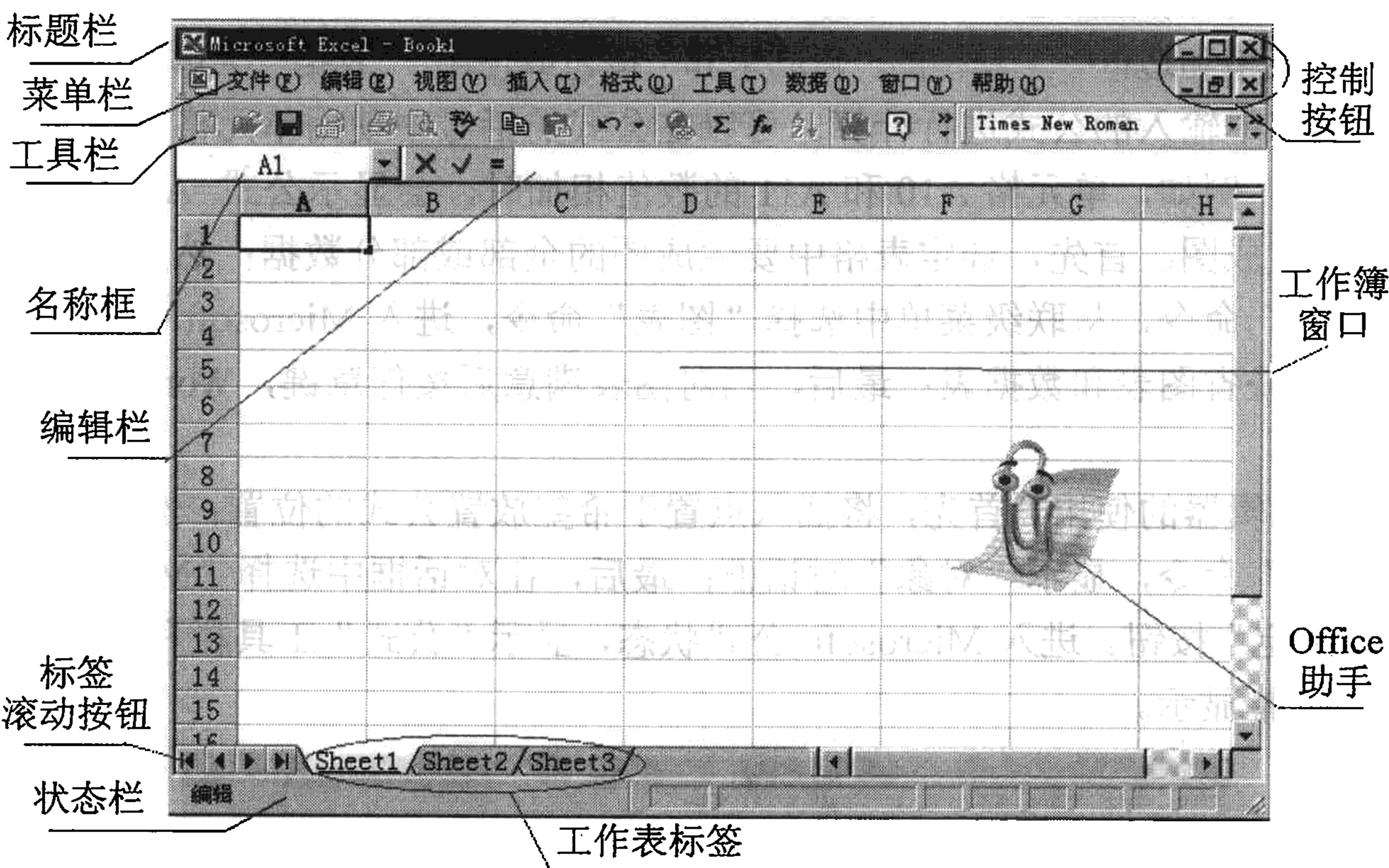


图 10.18 Excel 2003 主窗口的组成

1. 编辑栏

编辑栏在工具栏的下方，当选择单元格或区域时，相应的地址或区域名称即显示在编辑栏左端的名称框中。在单元格中编辑数据时，其内容同时出现在编辑栏右端的编辑框中。

2. 工作表

工作表为 Excel 窗口的主体，由单元格组成，每个单元格由行号和列标来定位，其中行号位于工作表的左端，顺序为数字 1、2、3 等，列标位于工作表的上端，顺序为字母 A、B、C 等。

3. 工作表标签

工作表标签位于工作簿文档窗口的左下底部，初始为 Sheet1、Sheet2、Sheet3，代表着工作表的名称，用鼠标单击标签名可切换到相应的工作表中。如果工作表有多个，以至标签栏显示不下所有标签时，可单击标签栏左侧的滚动箭头使标签滚动，从而找到所需工作表标签。其中第一和第四个滚动箭头可快速滚动到第一个和最后一个工作表标签。

工作簿、工作表和单元格是 Excel 的三个重要概念。工作簿是计算和存储数据的文件，一个工作簿就是一个 Excel 文件，其扩展名为“.XLS”。工作簿中的每一张表称为工作表，一个工作簿最多可以包含 255 个工作表，这样可使一个文件中包含多种类型的相关信息，用户可以将若干相关工作表组成一个工作簿，操作时不必打开多个文件，而直接在同一文件的不同工作表中方便地切换。默认情况下，Excel 的一个工作簿中有 3 个工作表，当前工作表为 Sheet1，用户根据实际情况可以增减工作表和选择工作表。单元格是组成工作表的最小单位。Excel 的工作表由 65536 行、256 列组成，每一行列交叉处即为一单元格。每个单元格用它所在的列标和行号来引用，如 A6、E12 等。对单元格数据的编辑和运算是建立工作表的基础。

### 10.3.2 工作表的建立

建立工作表是 Excel 的重要操作之一，工作表存在于工作簿中，工作簿又是以文件形式存在的，因此，建立工作表必须先建立一个工作簿文件，保存文件实际上就保存了工作簿和工作表。而 Excel 工作簿文件的新建、打开和保存与 Word 文档文件的新建、打开和保存操作类似。

当新建或打开了一个工作簿文件之后，就可以向工作表中输入数据，并对数据进行编辑和排版。单元格是 Excel 中用于保存数据的最小单位，因此，选取输入、编辑数据的单元格或区域是输入、编辑数据的前提。

#### 1. 单元格、单元格区域的选定

(1) 选取单个单元格。单个单元格的选取即单元格的激活。单击相应的单元格或用键盘方向键移动到相应的单元格，就可以选定一个单元格。

(2) 选取多个连续单元格。选定多个连续单元格，具体操作如下：

- 1) 将鼠标指针指向想要选定的单元格区域左上角。
- 2) 按住鼠标左键并拖动鼠标到想要选定区域的右下角。
- 3) 松开鼠标就选定了该区域。

下面是一些选定特殊区域的快捷方式：

- 1) 若选中一整行，则单击其左侧的行号框。
- 2) 若想选中一整列，则单击顶端的列字母框。
- 3) 若想选中整个工作表内的单元格，则单击第一行上端，第 A 列左端的小方框。

4) 若想选中不连续的区域，则在选中一个区域之后按住 Ctrl 键，再用上述方法选中其他区域。若想选中很多连续的单元格，则击中其中的第一个单元格，然后按住 Shift 键，再找到其中的最后一个单元格并单击之。

#### 2. 输入数据

在 Excel 中，可在活动的单元格输入数字、文本、日期、时间和公式等。

(1) 输入数字。在单元格中输入数字之后，它们将自动在单元格中向右对齐，若想改变对齐方式，首先应选中要对齐的单元格，然后单击“格式”工具栏上的对齐按钮（左对齐、居中或右对齐）。

在单元格中输入的数字和字符必须是：0~9、+、-、()、,、/、\$、%、.、E 和 e 等。

若想将输入的数字作为文本处理，必须在其前增加一个撇号（'）。例如，'200072。

若在输入数据之后，该单元格中出现“#####”字样，则说明该列单元格的列宽太小，无法显示整个数字。只需从该列顶部拖动列分隔线（鼠标指针变成水平双向箭头时）来放大列宽。

(2) 输入文本。在单元格中输入文本后，只要按 Tab 键、Enter 键或箭头键就确认了输入的文本，若想取消输入的文本，则按 Esc 键或单击编辑栏上的“取消”按钮。

在默认情况下，输入的文本在单元格中自动向左对齐，若想改变其对齐方式，则在选中它们之后，单击“格式”工具栏上的相应对齐按钮。

若在一个单元格中输入的文本太长，可能只显示出其中一部分，这时就必须加大列宽才能显示出整个文本。

(3) 输入日期和时间。日期的输入形式有多种，例如要输入“97 年 8 月 10 日”；只要输



入“8 / 10 / 97 或 08 / 10 / 97”即可。若想在单元格中输入当前日期，则按 Ctrl+; 组合键。

时间的输入也有多种形式，如要输入“下午 5 点 30 分 15 秒”，则只要输入 17: 30: 15 或 5: 30: 15PM 即可，其中 PM 代表下午，AM 代表上午。若想在单元格中输入当前的时间，只需按下 Ctrl+: 组合键。

在同一单元格中可以同时输入时间和日期，条件是两者之间加一空格。

（4）自动输入数据。在 Excel 中，若想在许多单元格中输入相同的内容，则使用“填充功能”。若想在某些单元格中输入一个序列的数据，则使用“序列填充”，使用该功能可以自动输入数据的等比序列、等差序列和日期序列等，也可以输入自定义的序列。

在单元格区域内输入相同数据的方法是：选中一个单元格并在其中输入数据，例如，输入“第一节”，该单元格右下角有一个填充柄，当鼠标指针指向它时，指针就变成一个细实线的“+”字，此时按住鼠标左键并拖动，当要填入相同数据的单元格都反白显示时，松开鼠标左键。这样，在第一个单元格中输入的数据全部填充到选中的单元格中，本例中，把“第一节”字样全部填入选中的单元格中，如图 10.19 所示，其中 A1、B1、C1、E1 的值没显示出来，是由于滚动条没处于最顶端。它们的值分别是：10、20、100、100。

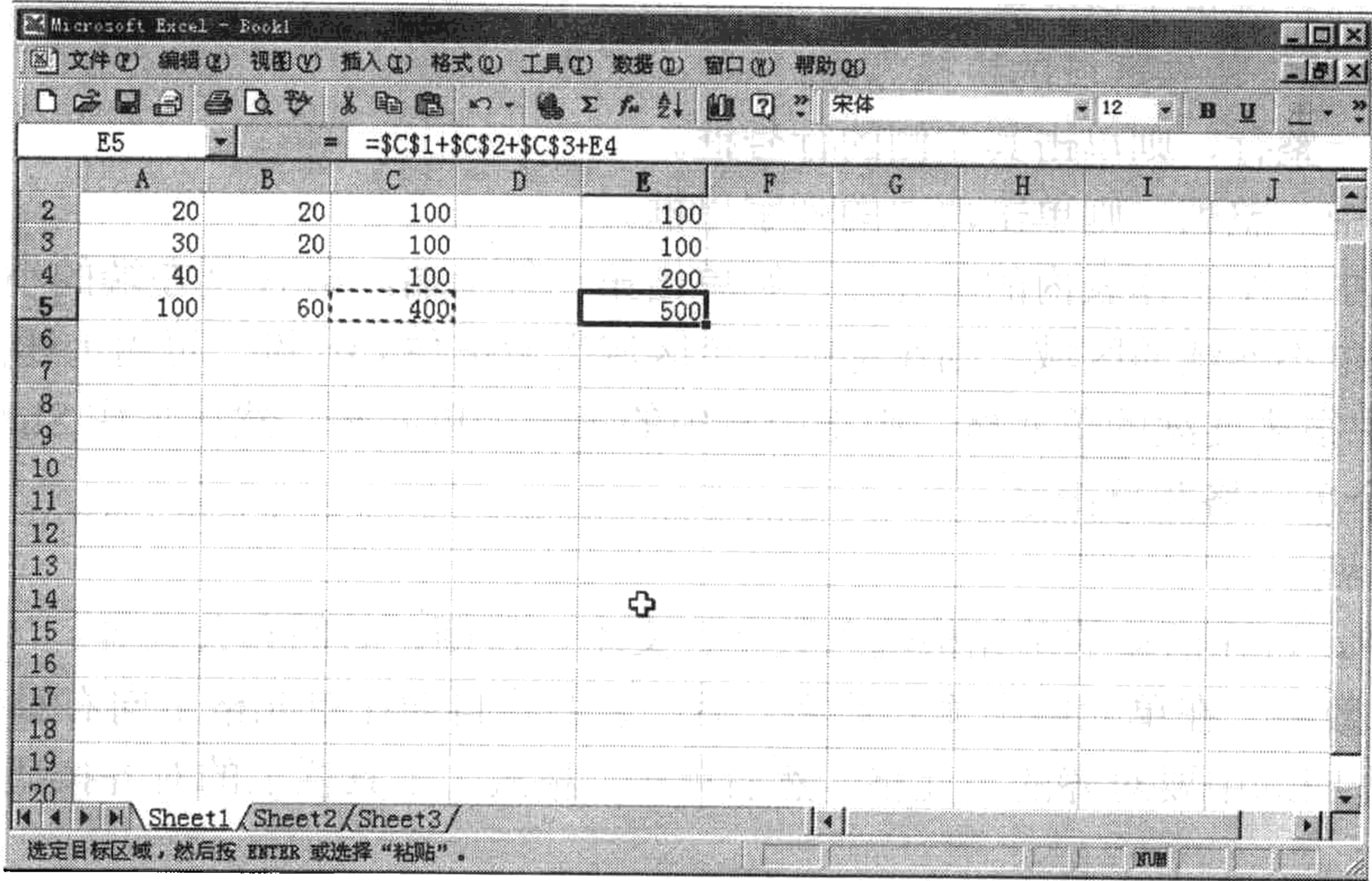


图 10.19 自动输入数据

在选中的单元格区域可以输入各种数据序列，例如，等差序列、等比序列、日期序列等，具体操作是：在第一个单元格输入一个初始值并按 Enter 键；选中包含初始值单元在内的单元格区域，以便在该区域填入序列值；单击“编辑”菜单，出现下拉菜单，指针指向“填充”项，则出现其级联菜单；单击该级联菜单上的“序列”项，出现其序列对话框，在“序列”对话框中有选项：“类型”框、“步长值”框、“终止值”框等；选中合适的项之后单击“确定”按钮，就在选中的单元格区域自动填入自己需要的序列。

在此介绍一种快速建立序列的方法：先在第一个单元格中输入一个初值，然后把指针指向该单元格右下角的填充柄，当指针变成细实线小“+”字时，按下鼠标右键并拖动，在到达自己需要的位置之后松开鼠标右键，此时会弹出一个快捷菜单，用户可以从其中选择不同的选项建立序列。



3. 使用公式和函数

- (1) 输入公式。按下述操作输入公式：
- 1) 单击要输入公式的单元格。
  - 2) 键入等号“=”，然后输入公式。

例如分别在 A1、A2、A3、A4 中输入 10、20、30、40，然后在 A5 中输入“=(A1+A2)/A3\*A4”，按 Tab 键、Enter 键或箭头键之后，A5 中就显示计算结果。若用户再单击单元格 A5，则会在编辑栏右端的编辑区内显示出该单元格中原来的公式。若想在显示结果的 A5 中再显示原来的计算公式，则按 Ctrl+`组合键，再按一次该组合键公式就会消失。

(2) 引用单元格地址。在公式中引用单元格地址进行计算是非常方便的。例如，在单元格 A1 中输入 10，在 B1 中输入 20，然后在 C1 中输入公式=A1\*B1 后按 Enter 键就可以求出这两数之积。可以任意改变 A1、B1 中的数字，然后就会在 C1 中自动显示出计算结果。这些单元格地址（A1、B1 等）就是一些变量，可以任意改之，然后就自动显示出其函数值。

引用单元格时有两种引用模式。在默认情况下是使用 A1 模式，即用字母（A~IV）表示列，用数字（1~65536）表示行。另一种模式是 R1C1 模式，R 后的数字表示行数（1~65536），而 C 后的数字是列数（1~255），若想使用 R1C1 模式，则单击“工具”下拉菜单中的“选项”命令，然后在出现的对话框的“常规”选项卡上选中 R1C1 模式。

引用单元格时分相对引用、绝对引用和混合引用。

1) 相对引用。使用相对引用时单元格引用地址是单元格的相对位置，当公式所在单元格地址改变时，公式中引用的单元格地址也相应发生变化。上面提到的单元格 A5 中的公式为“=A1+A2+A3+A4”，得出结果 100(=10+20+30+40)后，然后选中 A5 单元格，当把该单元格中的结果(100)通过复制和粘贴命令复制到单元格 B5 中时，该公式自动改为“=B1+B2+B3+B4”，至使 B5 中的计算结果为 60(=20+20+20+0)。如图 10.20 所示为单元格引用示例。



The screenshot shows an Excel worksheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	自动输入	等差序列		等比数列		日期序列		时间序列
2		递增	递减	递增	递减	按月	按年	
3	第一节	1	100	10	10000	1997-9-11	1997-9-11	3:58pm
4	第一节	2	90	100	1000	1997-10-11	1998-9-11	4:58pm
5	第一节	3	80	1000	100	1997-11-11	1999-9-11	5:58pm
6	第一节	4	70	10000	10	1997-12-11	2000-9-11	6:58pm
7	第一节	5	60	100000	1	1998-1-11	2001-9-11	7:58pm
8	第一节	6	50	1000000	0.1	1998-2-11	2002-9-11	8:58pm
9	第一节	7	40	10000000	0.01	1998-3-11	2003-9-11	9:58pm
10	第一节	8	30	100000000	0.001	1998-4-11	2004-9-11	10:58pm
11	第一节	9	20	1000000000	0.0001	1998-5-11	2005-9-11	11:58pm
12								
13								
14	第一课	第二课	第三课	第四课	第五课	第六课	第七课	第八课
15								
16								
17								

图 10.20 单元格引用示例

2) 绝对引用。绝对引用是公式中引用的单元格地址不随公式所在单元格的位置而变化，



但条件是在单元格地址的列号和行号前增加一个字符\$。例如，在单元格 C5 中输入公式“= \$C\$1+\$C\$2+\$C\$3+C4”，当把该单元格所得的结果复制到单元格 E5 中时，它就变为“= \$C\$1+\$C\$2+\$C\$3+E4”，只有 C4 变成了 E4，其他引用没变。

另外，也可以混合引用，例如\$A1 中列地址不变，行地址变化，而在 A\$1 中行地址不变，而列地址变化。

（3）使用函数进行计算。Excel 提供了许多内部函数，例如数学函数、数据库函数、财务函数和统计函数等。用户可在“粘贴函数”对话框中看到它们。

一般函数的语法包括三个部分：等号(=)、函数和参数，如“=SUM(A1: A10)”是求单元格 A1~A10 内数据之和。

输入函数有两种方法，一种是像在单元格中输入数据那样输入函数；另一种是使用粘贴函数对话框输入函数，后者的具体操作步骤如下：

- 1) 选中要输入函数的单元格。
- 2) 单击“常用”工具栏上的“粘贴函数”按钮或选中“插入”下拉菜单中的“函数”命令，然后出现粘贴对话框。
- 3) 从对话框中的“函数分类”列表框中选中要用的函数类型，例如要进行求和计算，可选中“常用函数”。
- 4) 从对话框中的“函数名”列表框中选中要使用的函数，例如，求数据之和，则选中“SUM”。
- 5) 在选好函数之后，单击“下一步”按钮，打开新的对话框，在该对话框中输入数值或选择所要处理的单元格区域。
- 6) 也可直接用鼠标选中以上输入的单元格区域，输入完毕单击“确定”按钮。

### 10.3.3 工作表中的数据编辑

单元格中数据输入后可以进行修改、删除、复制和移动等编辑操作。

#### 1. 数据修改

在 Excel 中，修改数据有两种方法：一是在编辑栏修改，只需先选中要修改的单元格，然后在编辑栏中进行相应修改，按“√”按钮确认修改，按“×”按钮或 Esc 键放弃修改，此种方法适合内容较多者和公式的修改；二是直接在单元格中修改，此时须双击单元格，然后进入单元格修改，此种方法适合内容较少者的修改。

#### 2. 数据删除

Excel 中数据删除有两个概念：数据清除和数据删除。

数据清除针对的对象是数据，单元格本身并不受影响。“编辑”菜单下“清除”子菜单中有“全部”、“格式”、“内容”和“批注”四个命令，在选取单元格或一个区域后，单击“格式”、“内容”或“批注”命令将分别只取消单元格的格式、内容或批注；单击“全部”命令将单元格的格式、内容、批注统统取消，数据清除后单元格本身仍留在原位置不变。选定单元格或区域后按 Del 键，相当于选择清除“内容”命令。

数据删除针对的对象是单元格，删除后选取的单元格连同里面的数据都从工作表中消失。选取单元格或一个区域后，单击“编辑”菜单的“删除”命令，弹出“删除”对话框，用户可选择“右侧单元格左移”或“下方单元上移”来填充被删掉单元格后留下的空缺；选择“整行”或“整列”将删除选取区域所在的行或列，其下方行或右侧列自动填充空缺。当选定要删除的

区域为若干整行或若干整列时，将直接删除而不出现对话框。

### 3. 数据复制和移动

Excel 数据复制的方法多种多样，可以利用剪贴板，也可以用鼠标拖放操作。

剪贴板复制数据与 Word 中的操作相似，稍有不同的是在源区域执行复制命令后，区域周围会出现闪烁的虚线。只要闪烁的虚线不消失，粘贴可以进行多次，一旦虚线消失，粘贴无法进行。如果只需粘贴一次，有一种简单的粘贴方法，即在目标区域直接按回车键。选择目标区域时，要么选择该区域的第一个单元格，要么选择与源区域一样大小；与源区域大小不一致时，除非选择目标区域是源区域大小的倍数，依此倍数进行多次复制，否则将无法粘贴信息，出现粘贴警告框。

数据移动与复制类似，可以利用剪贴板的先“剪切”再“粘贴”方式，也可以用鼠标拖动，但不按 Ctrl 键。

### 4. 单元格、行、列的插入

数据输入时难免会出现遗漏，有时是漏掉一个数据，有时可能漏掉一行或一列。这一切可通过 Excel 的“插入”操作来弥补。

插入单元格操作方法为：用鼠标单击要插入单元格的位置，单击“插入”菜单中的“单元格”命令，出现“插入”对话框，选择“活动单元格右移”将选中单元格向右移，新单元格出现在选中单元格左边，选择“活动单元格下移”将选中单元格向下移动，新单元格出现在单元格上方；单击“确定”按钮插入一个空白单元格。

插入行、列的操作方法为：用鼠标单击要插入新行或新列的单元格；单击“插入”菜单的“行”命令或“列”命令，选中单元格所在行向下移动一行或者所在列向右移动一列，以腾出位置插入一空行或空列。

## 10.3.4 工作表的格式化

工作表建立和编辑后，就可对工作表中各单元格的数据格式化，使工作表的外观更漂亮，排列更整齐，重点更突出。

单元格数据的格式化主要有六个方面的内容：数字格式、对齐格式、字体、边框线、图案和列宽行高的设置。数据的格式化一般通过用户自定义格式化来实现，也可通过 Excel 提供的自动格式化功能来实现。

自定义格式化工作可以使用“格式”工具栏和“单元格格式”对话框两种方法来完成。“单元格格式”对话框中格式化功能更完善，但“格式”工具栏按钮使用起来更快捷方便。在数据的格式化过程中首先应选定要格式化的区域，然后再使用格式化命令。格式化单元并不改变其中的数据和公式，只是改变它们的显示形式。例如单击“格式”菜单中的“单元格”命令，打开“单元格格式”对话框，其中的“数字”选项卡用于对单元格中的数字格式化。在“数字”选项卡左边的“分类”列表框中列出了数字格式类型，右边显示该类型的可选格式，如数值格式包括用整数、定点小数和逗号等显示格式，“0”表示以整数方式显示，“0.00”表示以两位小数方式显示，“#，##0.00”表示小数部分保留两位，整数部分每千位用逗号隔开，“[红色]”表示当数据值为负时，用红色显示。

另外，当用户建立工作表时，所有单元格具有相同的宽度和高度。默认情况下，当单元格中输入的字符串超过列宽时，超长的文字被截去，数字则用“#####”表示。当然，完



整的数据还在单元格中，只不过没有显示出来。因此可以调整行高和列宽，以便于数据的完整显示。

列宽、行高的调整用鼠标来完成比较方便。鼠标指向要调整列宽（或行高）的列标（或行号）分隔线上，这时鼠标指针会变成一个双向箭头的形状，拖曳分隔线至适当的位置。

列宽、行高的精确调整，可用“格式”菜单中的“列”子菜单或“行”子菜单中的命令进行设置。例如选择“列宽”或“行高”命令，显示其对话框，输入所需的宽度或高度；“最合适的列宽”命令取选定列中最宽的数据为宽度自动调整，“最合适的行高”命令取选定行中最高的数据为高度自动调整。

### 10.3.5 数据的图表化

#### 1. 图表功能概述

Excel 的图表功能就是将工作表的数据以图形的方式表示在图表中，使之直观形象地反映出数据之间的关系。当工作表中的数据发生变化时，图表也随之发生相应的变化。生成的图表可以直接嵌入到当前工作表中，也可以在另一个工作表中形成一个独立新图表。

Excel 系统提供了 14 种图表类型，每一种图表类型又分为几个子图表类型，用户可选择使用多种二维图表和三维图表，常用的图表有柱型图、条形图、折线图、散点图、圆环图等。

#### 2. 建立数据图表

根据工作表中的数据建立数据图表的方法如下：使用“插入”菜单中的“图表”命令或单击常用工具栏上的“图表向导”按钮，然后按系统向导提示，逐步完成选择“图表类型”，确定“图表数据源”，输入图表标题、X 轴标题、Y 轴标题，确定“图表位置”等操作。

#### 3. 编辑图表

（1）图表选定。编辑图表首先需要选定图表。用鼠标单击图表的空白区域，此时图表的边框显示 8 个小黑方块，表示被选定。

（2）图表的移动与缩放。在图表区域中，一般包括绘图区、图例、图表标题、分类轴和数轴五部分，图表区域中的绘图区、图例和图表标题均可以移动，方法是选定需要移动的部分，按住鼠标左键拖动。选定部分的边框显示 8 个小黑方块，用鼠标指向其中的一个小黑方块，鼠标形状将变为双箭头，按住鼠标左键拖动，可以缩放选定区域。

（3）图表的复制与删除。图表可以复制，方法是使用常用工具栏的“复制”和“粘贴”按钮或使用“编辑”菜单的“复制”和“粘贴”命令。图表也可以删除，方法是使用“删除键”或常用工具栏的“剪切”按钮或使用“编辑”菜单的“剪切”命令。

## 10.4 演示软件 PowerPoint 2003

### 10.4.1 PowerPoint 2003 的启动和退出

#### 1. 启动 PowerPoint 2003

可按下述方法启动 PowerPoint：从桌面上单击任务栏中的“开始”按钮，选择“程序”项，单击 Microsoft PowerPoint 命令，即可启动 PowerPoint。当启动 PowerPoint 后，首先显示的是 PowerPoint 对话框，在该对话框中提供了四个选项：内容提示向导、设计模板、空演示文稿、



打开已有的演示文稿。用户可以根据需要选择其中的一项，即可开始制作电子幻灯片。启动后进入 PowerPoint 2003 的主窗口界面。

2. 退出 PowerPoint

- (1) 单击“文件”下拉菜单中的“退出”命令。
- (2) 单击 PowerPoint 窗口标题栏右上角的“关闭”按钮。
- (3) 用 Alt+F 组合键打开“文件”下拉菜单，然后按 X 键退出 PowerPoint。

10.4.2 PowerPoint 的基础知识

1. 窗口的组成

与 Word 窗口类似，主要由控制菜单按钮、标题栏、菜单栏、工具栏、边框、状态栏、滚动条、视图按钮以及工作区等部分组成，如图 10.21 所示。

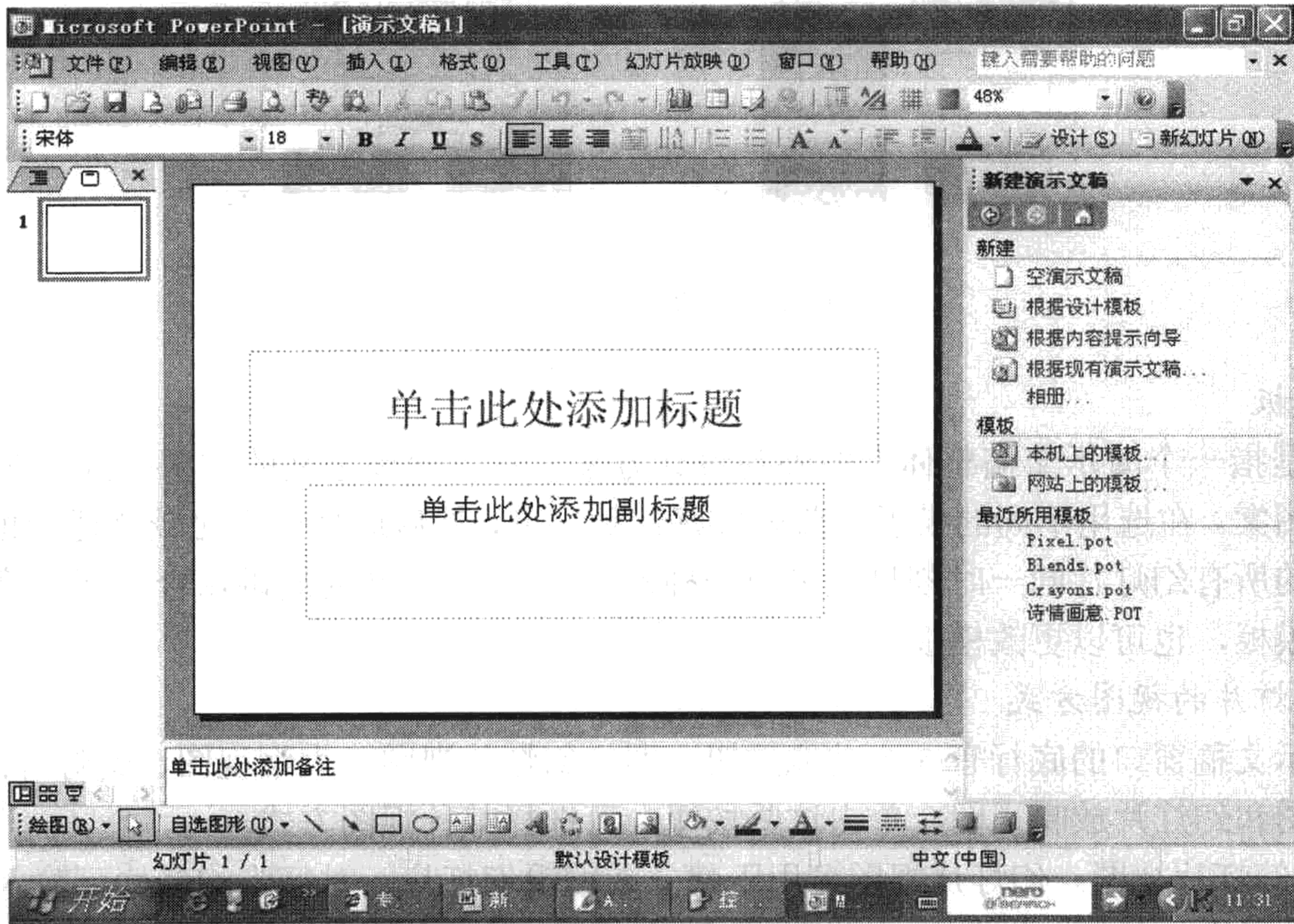


图 10.21 PowerPoint 2003 的主窗口

2. 演示文稿与幻灯片

用 PowerPoint 创建的文件就是演示文稿，其扩展名为.PPT。一个演示文稿通常由若干张幻灯片组成。制作一个演示文稿的过程实际上就是制作一张张幻灯片的过程。

3. 对象及版式

对象是 PowerPoint 幻灯片的重要组成元素。所谓对象，是指插入幻灯片中的文字、图表、结构图、图形、Word 表格以及动态视频图像等元素。制作一张幻灯片的过程，实际上就是制作、编排其中每一个被插入的对象的过程。用户可以选择对象，修改对象的属性，还可以对对象进行移动、复制、删除等操作。

版式就是对象在幻灯片中的相互位置，即对象的布局。PowerPoint 提供了 28 种自动版式（幻灯片参考布局）。一个演示文稿的每张幻灯片可以根据需要选择不同的版式。每种版式都



包含多个对象，对象的位置也各不相同。如图 10.22 所示为“新幻灯片”，在编辑幻灯片的过程中，还可以修改其版式。

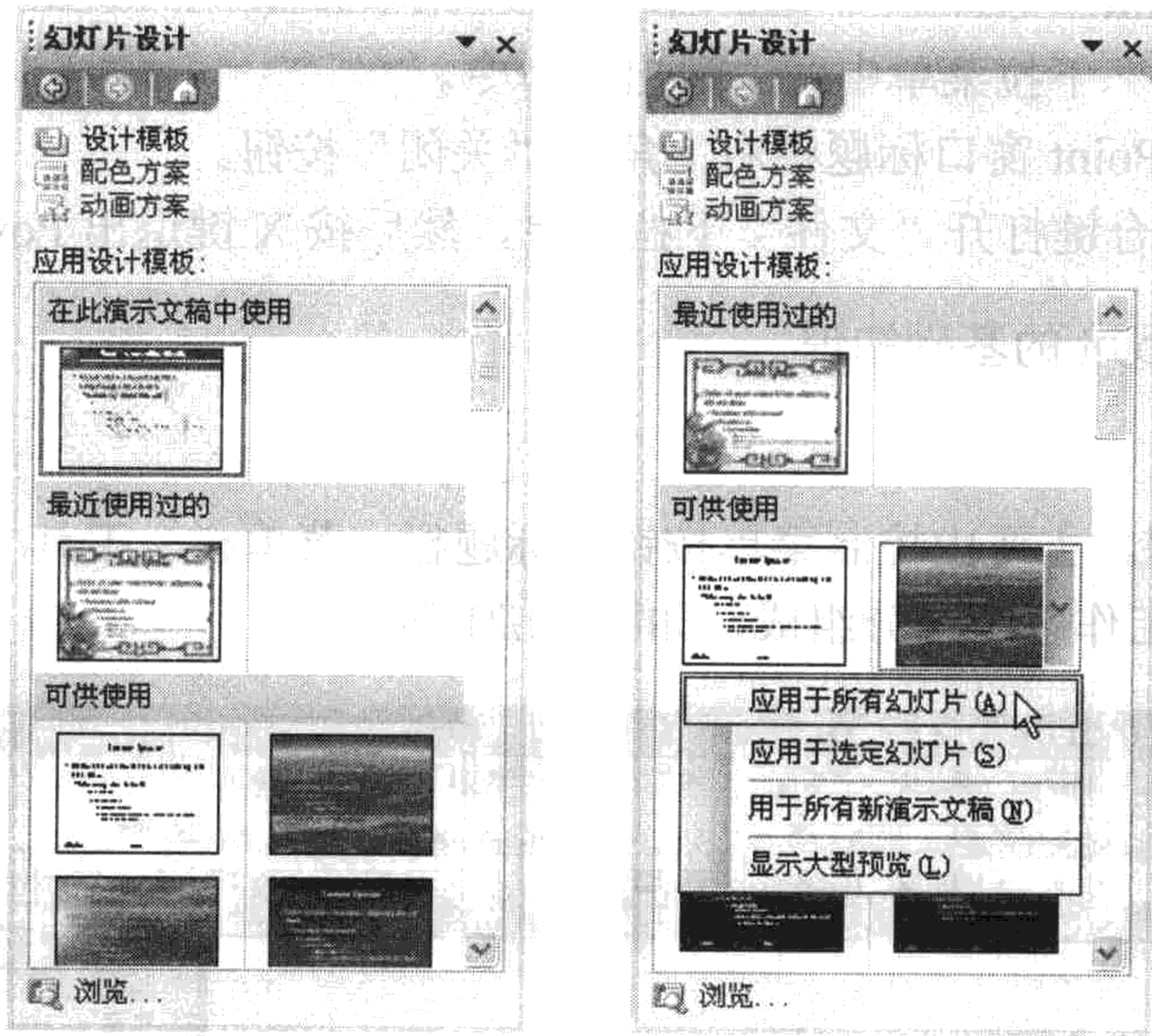


图 10.22 更改幻灯片模板

4. 模板

模板是指一个演示文稿整体上的外观设计方案，它包含预定义的文字格式、颜色以及幻灯片背景图案。在选用不同的模板之前要好好计划一下，然后选择一个比较合适的模板。一个演示文稿的所有幻灯片同一时刻只能采用一种模板，可以在不同的演讲场合为同一演示文稿选择不同的模板，也可以更改模板。

5. 幻灯片的视图方式

在演示文稿窗口的底行有 5 个功能按钮，即：幻灯片视图、大纲视图、幻灯片浏览视图、备注页视图和幻灯片放映视图。单击这些按钮，可选择某种视图方式。

- (1) 幻灯片视图。幻灯片视图可用于建立或编辑幻灯片，对每张幻灯片可输入文字，插入剪贴画、表格、图表、艺术字、组织结构图等对象，并对其进行编辑和格式化。还能查看整张幻灯片，也可以改变其显示比例作局部放大，便于细部修改。但一次只能操作一张幻灯片。
- (2) 大纲视图。大纲视图仅显示文稿中的所有标题和正文，同时显示“大纲”工具栏。利用它，可调整幻灯片标题、正文的布局和内容；展开或折叠幻灯片的内容；移动幻灯片或文本的位置；改变文本和标题的层次和缩进方式。
- (3) 幻灯片浏览视图。幻灯片浏览视图可同时显示多张幻灯片，所有的幻灯片被缩小，并按顺序排列在窗口中，以便查看整个演示文稿，同时可对幻灯片进行添加、移动、复制、删除等操作。
- (4) 备注页视图。备注页视图在这种方式下，其上半部分是一张缩小的幻灯片，下半部分是注释栏。可在其中写上有关该幻灯片的说明或注释信息，它仅供查阅，不会在放映幻灯片时显示。
- (5) 幻灯片放映视图。幻灯片放映视图以最大化方式按顺序在全屏幕上显示每张幻灯片。

单击鼠标左键或按回车键显示下一张。也可以用上、下、左、右光标键来回显示各张幻灯片。

### 10.4.3 演示文稿的创建、打开和保存

下面介绍创建演示文稿的几种方法。

(1) 从 PowerPoint 对话框中选择一种创建演示文稿：

- 1) 选择“内容提示向导”。
- 2) 选择“设计模板”。
- 3) 选择“空演示文稿”。

(2) 从“文件”菜单中选择“新建”命令或单击工具栏上的“新建”按钮。

无论采用何种方式，只要新建一张幻灯片就会出现“新幻灯片”对话框，以便为幻灯片选择一种版式。

(3) 打开演示文稿的方法是：

1) 从 PowerPoint 对话框中选择“打开已有的演示文稿”项。

2) 从“文件”菜单中选择“打开”命令，或单击工具栏上的“打开”按钮，然后确定要打开的文件及其所属路径和文件夹。

(4) 保存演示文稿，其操作方法有下列几种：

- 1) 从“文件”菜单中选择“保存”命令。
- 2) 单击工具栏上的“保存”按钮。
- 3) 按组合键 Ctrl+S。

### 10.4.4 幻灯片的制作

#### 1. 幻灯片的版式设计

不管采用哪种方式制作一张新幻灯片，都要在“新幻灯片”对话框中选择一种自动版式，并单击“确定”按钮，就可以向幻灯片中输入文字、插入图形、表格等对象，并对这些对象进行编辑。制作好的幻灯片可以用文字格式、段落格式、对象格式来进行美化。

需要说明的是，如果在制作新幻灯片时选择了空白自动版式，就不能向其中输入文字了，只能是先添加文本框之后，再输入文字。

#### 2. 文字的输入与编辑

在自动版式中的“单击此处添加标题”、“单击此处添加副标题”、“单击此处添加文本”等区域内，按提示输入正确的文字。

编辑修改时，首先单击标题区或文本区，再选择整个标题或文本框。还可以用鼠标拖动选择部分文本。具体编辑文本的方法与 Word 类似。

#### 3. 在幻灯片上添加图形

在幻灯片上添加图形有许多方法，既可以使用“绘图”工具栏直接在幻灯片上绘图，也可以插入剪贴画，还可以插入在其他应用程序中绘制的图形。下面以在幻灯片上插入剪贴画为例，介绍在幻灯片上添加图形的过程：

(1) 切换到幻灯片视图并显示要添加图形的幻灯片。

(2) 单击“常用”工具栏上的“插入剪贴画”按钮，出现“Microsoft 剪贴库”对话框，在此有 3000 幅剪贴画供选用。



(3) 在找到合适的剪贴画之后，双击就可以插入到幻灯片中。

4. 在幻灯片上添加动画

在幻灯片浏览视图下可为幻灯片的所有项目添加动画、声音和显示时间等。切换到幻灯片浏览视图，单击“幻灯片放映”下拉菜单中的“幻灯片切换”命令、“自定义动画”命令，出现如图 10.23 所示的添加动画及幻灯片切换方式。

- (1) 在“幻灯片放映”的下拉菜单中选择“自定义动画”命令。
- (2) 选中要编辑动画的对象，在图 10.23 的第二个图中，单击“添加效果”设置不同情况下的动画，如选择“进入”时的“阶梯状”效果。
- (3) 在图 10.23 的第二个图中，用鼠标右键单击想要继续编辑动画的对象，左键单击“效果选项”，选中“效果”选项卡可设置动画的“声音”、“文本”等，在“计时”选项卡中可设置动画的“开始时间”、“延迟时间”等。
- (4) 在“幻灯片放映”的下拉菜单中，选择“幻灯片切换”，屏幕右侧出现图 10.23 的第三个图，用来设置“应用于所选幻灯片”之间的“切换方式”及修改切换效果。
- (5) 在“换片方式”中设定显示时间和换片方式。
- (6) 若想将所选效果应用于所有幻灯片，则单击“应用于所有幻灯片”按钮。
- (7) 单击“幻灯片放映”按钮，观看设置效果，若不满意可按上述操作重新设置。



图 10.23 添加动画及幻灯片切换方式

上述操作可使幻灯片在放映切换时具有动画和声音。下面介绍如何使幻灯片上的标题和正文也具有动画效果，具体操作如下：

- (1) 选中要添加动画的幻灯片，若演示文稿中的所有幻灯片都添加相同的动画效果，则单击“编辑”下拉菜单中的“全选”命令。
- (2) 单击“幻灯片放映”下拉菜单中的“动画方案”命令，然后在“应用于所选幻灯片”的选项中选择所需效果，例如可选中“渐变式缩放”效果等。
- (3) 分别单击“动画方案”上的“设计模板”、“配色方案”，可修改所选幻灯片或所有

幻灯片的模板和颜色配置。

#### 5. 其他

若想在幻灯片上添加 Word 表格、Excel 工作表或添加图表，则单击“常用”工具栏上的“插入 Microsoft Word 表格”、“插入 Microsoft Excel 工作表”或“插入图表”按钮。

### 10.4.5 幻灯片的插入与删除

幻灯片的插入、删除、移动、复制等操作一般在幻灯片浏览视图窗口进行。

(1) 选择要操作的幻灯片（选择方式与在“资源管理器中”选择文件类似）。

(2) 按照下列方法分别进行删除、复制、移动、插入等操作。

1) 按 Del 键或在“编辑”菜单中选择“删除幻灯片”命令，即可删除指定的幻灯片。

2) 在“编辑”菜单中选择“制作副本”命令，会产生一份内容相同的幻灯片。

3) 利用“复制”和“粘贴”按钮（或命令），在需要的位置复制所选定的幻灯片。

4) 利用“剪切”和“粘贴”按钮（或命令）移动所选定的幻灯片，以改变幻灯片的排列顺序；或用鼠标左键直接拖曳要移动的幻灯片，将其插入到需要的位置。拖曳时，所出现的长条直线就是插入点。

### 10.4.6 幻灯片格式的设置

#### 1. 文本格式化

(1) 利用工具栏中的按钮，或选择“格式”菜单中的“字体”命令，可改变文字的格式，例如字体、字号、加粗、倾斜、下划线、字体颜色等。

(2) 利用工具栏中的按钮，或选择“格式”菜单中的“对齐方式”命令，可用来调整文本框中文本的排列方式。

(3) 利用“格式”菜单中的“行距”命令，可以对选中的文字、段落设置行距和段前段后的间距。

(4) 拖动标尺上的缩进标记，可设置每个文本框的段落缩进。

(5) 利用格式工具栏中的“项目符号”按钮，或选择“格式”菜单中的“项目符号和编号”命令，可重新设置项目符号。

#### 2. 对象格式化

对插入的文字框、图片、自选图形、表格、图表等对象进行填充颜色、加边框、加阴影等格式化操作。操作方法是：通过“绘图”工具栏的对应按钮，或选择“格式”菜单中的对应命令来实现。

**注意：**利用工具栏中的“格式刷”按钮，可以复制文本和对象格式。

### 10.4.7 幻灯片的打印

通过打印设备可输出幻灯片、大纲、演讲者备注及观众讲义等多种形式的演示文稿。在幻灯片视图、大纲视图、幻灯片浏览视图、备注页视图中均可进行打印操作。打印操作方法是：打开演示文稿，在“文件”菜单中选择“打印”命令，接着在对话框中进行打印机、打印范围、份数等选项的设置。根据需要完成选择，单击“确定”按钮实施打印。



## 思考题与习题

1. 简述 Windows 桌面的基本组成元素及功能。
2. 简述 Windows 窗口和对话框的组成元素。
3. 简述 Windows 的文件命名规则。
4. 简述“Windows 资源管理器”窗口的组成。
5. Windows 是怎样格式化磁盘的，又是怎样复制磁盘的？
6. 如何启动和退出 Word？
7. 使用鼠标方式选定文本操作，主要有几种方式？
8. 在 Word 中如何插入图片和数字？
9. 简述 Word 的文本格式化包含哪些内容？
10. 在 Word 中怎样进行查找替换？
11. 在 Word 中怎样插入表格？
12. 自己编辑一篇文档：含有文本、图片、表格，而且设计美观。
13. 简述 Excel 窗口的组成？
14. 简述在单元格内输入数据的几种方法。
15. “Sheet2!\$A\$2:\$C\$5”表示什么意义？
16. 简述 Excel 中插入图表的过程？
17. 建立演示文稿有几种方法？建立好的幻灯片能否改变其幻灯片的版式？
18. 如何往幻灯片中添加声音和动画？
19. 自己设计一个含有三张幻灯片的演示文稿。

## 附录 参考实验

### 实验 1 指法与汉字输入

内容与要求:

- (1) 熟悉键盘, 能对 26 个英文字母、“,”、“.”、“;”、“/”、“\”、“Tab”、“Caps Lock”、“Shift”和“Ctrl”等键位实现“盲打”。
- (2) 掌握 1~2 种汉字输入法, 中文稿输入速度达到 30 字/min 以上。

### 实验 2 计算机系统的组成

内容与要求:

- (1) 熟练掌握微型计算机系统的硬件组成, 认识各端口, 并亲自动手将输入输出设备连接到端口上。在条件允许的情况下, 打开主机箱, 认识主机内部的结构和相应的芯片、插槽等。
- (2) 掌握常用软件的安装方法。

### 实验 3 计算机网络及 Internet 的使用

内容与要求:

- (1) 观察一个计算机实验室局域网的设施, 由老师讲解局域网的构成和拓扑结构。
- (2) 在条件允许的情况下, 组织参观校园网网络中心的设施。
- (3) 熟练应用 Internet 的常用功能, 如电子邮件、搜索引擎、WWW、FTP 等。

### 实验 4 感受程序设计

内容与要求:

- (1) 设计一个简单的算法, 如排序算法, 用流程图描述该算法。
- (2) 由老师演示该算法的一种以上常用程序设计语言的实现, 然后由学生自己动手实现, 增强对程序设计的感性认识, 激发进一步学习的兴趣。

### 实验 5 数据库应用初步

内容与要求:

- (1) 熟悉 Access 的整体环境和基本功能, 掌握在 Access 环境下建立数据库、建表的过程, 在 Access 环境下设计并创建“学生借书”数据库, 建立 3 个表:
- (2) 使用 Access 2003 的查询向导创建学生借书查询。
- (3) 使用 Access 2003 报表向导创建和设计学生借书报表。
- (4) 参考 Access 2003 有关的书籍并结合例子上机实践, 进一步学习 Access 2003 在本章未介绍的其他常用功能。



borrower			
借书证号	姓名	系别	班级

loans		
借书证号	索引号	借书日期

books				
索引号	书名	作者	出版单位	单价

实验 6 Word 文档排版与打印

内容与要求：

- (1) 在 D 盘建立名为 W1.DOC 的文档，内容自定。
- (2) 使用“格式”菜单的“字体”命令进行如下排版：
  - 1) 将标题设置为黑体、斜体、三号。
  - 2) 将标题以下的各段正文设置为小四号、宋体。
  - 3) 为标题加下划波浪线。
- (3) 使用“格式”菜单的“段落”命令进行如下排版：
  - 1) 标题下面的各段正文首行缩进 0.75 厘米。
  - 2) 标题下面的第一段正文左、右各缩进 1 厘米。
  - 3) 最后一段正文悬挂缩进 1 厘米。
  - 4) 标题的段前、段后间距设置为 6 磅。
  - 5) 第一段正文的段后间距设置为 4 磅，行距设置为“1.5 倍行距”。
  - 6) 将文本的标题居中对齐。
- (4) 根据文档内容，在文档的适当位置插入一幅图片。
- (5) 用“文件”菜单中的打印命令，练习打印一份。

实验 7 工作表的编辑和格式化

内容与要求：

- (1) 启动 Excel，将 Sheet1 工作表改名为“成绩表”。
- (2) 使表格标题与表格空一行，然后将表格标题设置成红色、粗体、隶书加双下划线。
- (3) 设置单元格填充色：对各标题栏、最高分、平均分设置成 25%的灰色。
- (4) 对学生的总分设置条件格式：总分≥270，用桔黄色图案。
- (5) 对没提到的格式按样张设置。

创建一个 E1.XLS “成绩表”工作表，样张如附表 1 所示。

附表 1  成绩表

计算机 2001 级 3 班 1 组成绩单						
					制表日期: 2004-02-27	
姓名	性别	数据库	组成原理	汇编语言	总分	总评
张大海	男	86	96	95	277	优秀
刘思明	女	79	82	90	250	
赵  强	男	65	79	83	227	
高  山	男	60	78	85	223	
王雨晴	女	88	97	70	255	
杨鸿宇	男	93	86	82	261	
周  迪	女	98	90	96	284	优秀
孙  芳	女	64	62	75	201	
最高分		98	97	96		
平均分		81.1	85.2	85.8		

实验 8  演示文稿的建立

内容与要求:

- (1) 设计一个自我介绍的含三张幻灯片的演示文稿。
- (2) 内容自定，格式自定。
- (3) 播放时带有动画效果。



## 参考文献

- [1] 钟珞. 计算机科学导论. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2003.
- [2] 袁方等. 计算机导论. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [3] 祁亨年等. 计算机导论. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [4] 王永军等. 数字逻辑与数字系统. 北京: 电子工业出版社, 1997.
- [5] 严蔚敏等. 数据结构 (C 语言版). 北京: 清华大学出版社, 1997.
- [6] 黄刘生. 数据结构. 北京: 经济科学出版社, 2000.
- [7] 刘乃琦等. 计算机操作系统. 北京: 电子工业出版社, 1997.
- [8] 张钟澍等. 实用操作系统教程. 上海: 浦东电子出版社, 2002.
- [9] 谭耀铭. 操作系统. 北京: 经济科学出版社, 2001.
- [10] 陶树平等. 计算机科学技术导论. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [11] 萨师煊等. 数据库系统概论 (第三版). 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [12] 徐洁磐. 现代数据库系统教程. 北京: 北京希望电子出版社, 2002.
- [13] 齐治昌等. 软件工程. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [14] 闫菲等. 软件工程. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [15] 陈景艳. 管理信息系统 (第二版). 北京: 中国铁道出版社, 2001.
- [16] 杜凌志等. 三级信息管理技术. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [17] 马威. Access 2003 实用培训教程. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [18] 苏英如. 计算机网络与 Internet 应用. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [19] 毛六平等. 微型计算机原理与接口技术. 北京: 北方交通大学出版社, 2002.
- [20] 林福宗. 多媒体技术基础. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [21] 钟向群译. Internet 培训教程. 北京: 清华大学出版社, 1997.
- [22] 刘甘娜等. 多媒体应用基础. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [23] 唐朔飞. 计算机组成原理. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [24] 刘瑞挺等. 全国计算机等级考试三级教程. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [25] 孙德文. 微型计算机技术. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [26] 李琪等. 电子商务概论. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [27] 陈述鹏等. 地理信息系统导论. 北京: 科学出版社, 2000.
- [28] 王锡林等. 计算机安全. 北京: 人民邮电出版社, 1995.
- [29] 曹国钧. 计算机病毒防治检测与清除. 成都: 电子科技大学出版社, 1997.
- [30] 袁忠良. 计算机病毒防治实用技术. 北京: 清华大学出版社, 1998.





## 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

- 计算机科学技术导论（第二版）（葛建梅）
- 计算机硬件技术基础（第三版）（艾德才）
- 软件工程（曹哲）
- Access 基础教程（第三版）（于繁华）
- Oracle9i 关系数据库实用教程（第二版）（蔡立军）
- 计算机网络基础与 Internet 应用（第三版）（刘兵 左爱群）
- Internet 技术与应用教程（第二版）（刘兵）
- ASP 程序设计（第二版）（梁建武）
- 电子商务专业英语（第二版）（孙建忠）
- 多媒体CAI课件设计与制作（第二版）（含1CD）（李建珍）
- 微型计算机通信与接口技术（第二版）（刘兵）
- Visual Basic.NET 程序设计（潘晓文）
- 数据库原理与应用（王立）
- 计算机导论（第二版）（田原）
- 数据结构——C 语言描述（第二版）（王路群）
- 数据结构（C 语言描述）（马秋菊）
- 电工电子技术基础（第二版）（李中发）
- 计算机电路基础（第二版）（何超）
- 数字电子技术（第二版）（李中发）
- 单片机原理与应用（胡辉）
- 微型计算机原理及应用（第二版）（何超）
- 计算机控制与仿真技术（第二版）（杨立）
- 数据库系统原理与应用（第二版）（刘淳）
- 网络安全与管理（第二版）（戚文静）
- 网页制作教程（第二版）（齐建玲）
- 计算机文化基础教程（第二版）（Windows XP+Office 2003）（唐伟奇）
- 网络综合布线技术（第二版）（岳经纬）
- 网络互联技术——路由、交换与远程访问（第二版）（张保通）
- 数据结构（C++版）（第二版）（李根强）
- Web数据库技术应用教程（第二版）（王承君）
- 管理信息系统（陆安生）
- 现代物流案例分析（第二版）（张理）
- 计算机多媒体艺术导论（陈利群）
- 计算机软件技术基础（陈怀义）
- 单片机原理与应用系统设计（李云钢）
- 多媒体应用技术基础（含1CD）（刘甘娜）
- 计算机系统的故障诊断与可靠性技术（邹逢兴）
- 网页设计（王移芝）
- 控制器件（杨益强）
- 数据库技术及应用（陈刚）
- 数据库原理与应用——SQL Server 2005（全春灵）
- SQL Server 2005 实用教程（李伟红）
- 数据库技术——Access 及其应用系统开发（李禹生）
- Web 数据库技术（高晗）
- Delphi 程序设计及实验指导（第二版）（张景安）
- 计算机网络安全技术（第二版）（蔡立军）
- ASP 程序设计教程（第二版）（张景峰）
- Java 语言程序设计（贾振华）
- 电子商务概论（第二版）（李荆洪）
- 平面图形图像处理（第二版）（韩广兴 韩雪涛）
- 动画设计与制作（第二版）（韩广兴 韩雪涛）
- Visual C++ 6.0 实例教程（第二版）（杨国兴）
- Visual FoxPro 数据库与程序设计（第二版）（刘...）
- C语言程序设计教程（第二版）（徐新华）

